

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. І. Сікорського”
Інженерно-хімічний факультет**

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

«_____» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 133-галузеve машинобудування

на тему: Лінія для виробництва труб з модернізацією бігунів

Виконав (-ла) студент (-ка) 2 курсу, групи ЛП-91МП
(шифр групи)

Івженко Андрій Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

Науковий керівник к.т.н. доц Шаповал А.А.
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Консультанти з розділів:

Консультанти з: ТМ та Е Борщик С. О
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Модернізації д.т.н., проф. Щербина В. Ю.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому
дипломному
проекті немає заповнень з
праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ 2020 рік

Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування
Рівень вищої освіти –

Спеціальність _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В. Гондлях**

«_____» _____ 2020 р

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Івженко Андрій Віталійович

(П.І.Б.)

1. Тема проекту Лінія для виробництва будівельних матеріалів з модернізацією бігунів

керівник дисертації Шаповал Андрій Андрійович

затверджена наказом по університету від « _____ » _____ 20 р. № _____

2. Строк подання студентом проекту « _____ » _____ 20 р. _____

3. Вихідні дані до проекту Лінія для виробництва транспортерної стрічки з розглядом– бігунів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Вступ; Призначення і галузь застосування вирбу що проектується; Технічна характеристика машини; Опис конструкції та основних частин; Літературно-патентний огляд стану питання; Рекомендації щодо монтажу та експлуатації; Охорона праці; Очікувані механіко-економічні показники; Література; Параметричні розрахунки; Кінематичні розрахунки; Розрахунки на міцність; Опис програм; Розрахунки надійності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Лінія для виробництва транспортерної стрічки А1, бігуни мокрого помелу А1, чаша-коток А1, пристосування А1, чаша модернізована А1, плакат «Результат розрахунків» А1

6. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю., проф. каф. ХПСМ		
Монтаж та експлуатація	Борщик С.О., ст. викладач каф. ХПСМ		

7. Дата видачі завдання_____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання теми і узгодження завдань з керівником ДП.	19.10-24.10.2020	
2	Літературно-патентний пошук. Оформлення пояснювальної записки	31.10-03.11.2020	
3	Виконання розрахунків	04.11-09.11.2020	
4	Розробка розділу «Монтаж та експлуатація»	17.11-22.11.2020	
5	Розроблення розділу «Охорона праці»	23.11-24.11.2020	
6	Оформлення магістерського проекту	13.12-18.12.2020	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Зміст.....	9
Вступ.....	11
1. Опис технологічного процесу виготовлення цегли.....	12
2. Технічна характеристика.....	14
3. Опис конструкції і принцип роботи бігунів мокрого помелу.....	15
4. Параметричні та кінематичні розрахунки.....	18
4.1. Кут захвату	18
4.2. Відношення між діаметром котка бігунів та діаметром подрібненого матеріалу	18
4.3. Число обертів чаші бігунів.....	19
4.4. Розрахунок чаші бігунів	19
4.5. Потужність приводу бігунів	20
4.6. Розрахунок конічної прямозубої передачі одноступінчатого редуктора.....	22
4.7. Розрахунок циліндричної прямозубої передачі	27
4.8. Розрахунки на міцність деталей бігунів.....	32
4.8.1. Конічна прямозуба передача	32
4.8.2. Циліндрична прямозуба передача.....	35
5. Патентно-літературний огляд.....	39
6. Монтаж та експлуатація.....	51
6.1. Креслення загального вигляду.....	51
6.2. Специфікація загального вигляду.....	52
6.3. Креслення вузла.....	53
6.4. Специфікація вузла.....	54
6.5. Схема збирання вузла.....	55
6.6. Операційна карта монтажу.....	56
7. Модернізація установки.....	56
Висновок.....	63
Література	64
Додаток.....	66
Додаток. Специфікації.....	70

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Івженко А.В.				Лінія для виробництва труб з модернізацією бігунів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Шаповал А.А						9	
Реценз.						НТУУ «КПІ», ІХФ, ХПСМ		
Н. Контр.								
Затверд.								

РЕФЕРАТ

Дипломний проект освітньо – кваліфікаційного рівня «магістр» на тему «Лінія для виробництва труб з модернізацією бігунів» складається з 79 аркушів, 5 креслень, 15 рисунків, 1 таблиці, 1 додатку, 10 джерел.

Магістрський проект на тему: «Лінія для виробництва труб з модернізацією бігунів» присвячено вирішенню задачі підвищення експлуатаційних характеристик бігунів. Дана задача вирішується за рахунок модернізації чаші бігунів, а саме виконанням чаші з цільного матеріалу з перфорованим дном.

Методи розробки і проектування – аналітичні, розрахункові, проектувальні; з використанням відомих методик, чисельних методів, комп'ютерних програм, нормативних документів.

При виконанні дипломного проекту було виконано наступне:

- описано технологічну схему процесу виготовлення цегли, в якому приймають участь бігуни мокрого помелу;
- вивчено принципи роботи і конструкцію бігунів мокрого помелу;
- виконано параметричні, кінематичні та розрахунки на міцність необхідних для розробки і проектування бігунів, згідно з технічним завданням;
- було виконано літературно – патентний огляд, в результаті якого було розглянуто 5 патентів, на основі якого було обрано для модернізації патент № 58387;
- розроблено і спроектовано модернізовану чашу бігунів мокрого помелу, що запобігає передчасному зносу котків.

Ключові слова: бігуни мокрого помолу, помел, чаша, подрібнення, модернізація, котки.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

THE ABSTRACT

Diploma project educational – qualification level of "master" on theme "Runners of the wetgrade with modernization of bowl" consists of 79 pages, 5 drawings, 15 figures, 1 table, 1 application, 10 sources.

Master's project on theme " Runners of the wetgrade " is dedicated to the task of improving the performance of runners. This problem is solved by upgrading the bowl of runners, namely by the creating of the bowl of solid material with a perforated bottom.

Methods of development and design - analytical, computational, design, using known methods, numerical methods, computer programs and regulations.

When the diploma project was carried out as follows:

- described process flow diagram of manufacturing of bricks, which is attended by runners wetmilling;
- studied the principles of design and construction of the runners of wetgrade;
- performed parametric, kinematic and strength needed computation for the design the modernization of runners, according to the statement;
- was made literary - patent review, which resulted to consideration of five patents and was selected the patent number 58387 for modernization;
- was designed and engineered upgraded bowl of runners of wetgrade, which prevents premature wear of the rollers.

Keywords: runners of wet grade, grade, bowl, grinding, modernization, rollers.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

P_p - продуктивність, $\frac{m}{год}$;

D – діаметр котка, м;

B – ширина шкребка, м;

P – зусилля, Н;

f – коефіцієнт тертя;

E – модуль пружності, $\frac{MH}{м^2}$;

σ - границя міцності, $\frac{MH}{м^2}$;

d – діаметр подрібненого матеріалу, м;

R_c - радіус кола кочення котка, м;

D_k - Середній діаметр кочення котків, м;

m – маса котка, кг;

F – площа перерізу отворів, $м^2$;

$N_{дв}$ - потужність двигуна, кВт;

i – кількість котків;

u – передаточне число;

z – число зубців;

σ_F - допустиме напруження згину, МПа;

σ_T - границя текучості матеріалу при розтязі, МПа;

α - кут захвату, $^\circ$;

D_q - діаметр чаші, м;

$\rho_{мет}$ - об'ємна маса металу, $\frac{кг}{м^3}$;

l – довжина прутка матеріалу, м;

ω - відцентрова швидкість, $\frac{м}{с}$;

η - ККД приводу;

T – крутний момент, $Н \cdot м$;

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

V – кругова швидкість коліс, м/с .

ВСТУП

Однією з важливих галузей промисловості є виготовлення будівельних матеріалів: цегли, цементу та інших. У виробництві цих матеріалів використовують ряд машин, призначених для подрібнення сировини: бігуни, дробарки, млини.

Бігунами називають машини, що мають чашу з установленими на ній котками. Бігуни широко використовуються в різних галузях промисловості будівельних матеріалів: керамічній, вогнетривкій, скляній, азбестоцементній та ін. Вони призначені для дрібного дроблення (до 3...8мм) і грубого помелу (до 0,2...0,5мм) сировинних матеріалів. У бігунах подрібнюють такі матеріали, як доломіт вапняку, суху глину, кварц, бій керамічної продукції, шамот та ін. В азбестоцементній промисловості їх широко використовують на першій стадії розпушування азбесту. Застосування бігунів, що мають меншу ефективність (у порівнянні, наприклад, з валковими дробарками), обумовлено задоволенням спеціальних технологічних вимог, коли поряд зі здрібнюванням необхідно забезпечити ущільнення та розтирання мас.

Здрібнювання в бігунах здійснюється в результаті роздавлювання вихідних матеріалів, з одночасним стиранням між циліндричною поверхнею котків і плоскою поверхнею чаші (поду) бігунів, по якій перекочуються котки.

Існуючі типи бігунів можуть бути класифіковані за конструкцією, технологічним призначенням та способами дії.

За конструкцією розрізняють бігуни: з нерухомою чашею, по якій котяться котки; одночасно котки обертаються навколо своєї горизонтальної осі; з обертовою чашею, у якій котки, що захоплюються тертям, обертаються тільки навколо своєї горизонтальної осі, з верхнім та нижнім приводом.

Залежно від матеріалу, з якого виготовлені котки, бігуни можуть оснащуватися металевими або кам'яними котками. Кам'яні котки застосовують тоді, коли

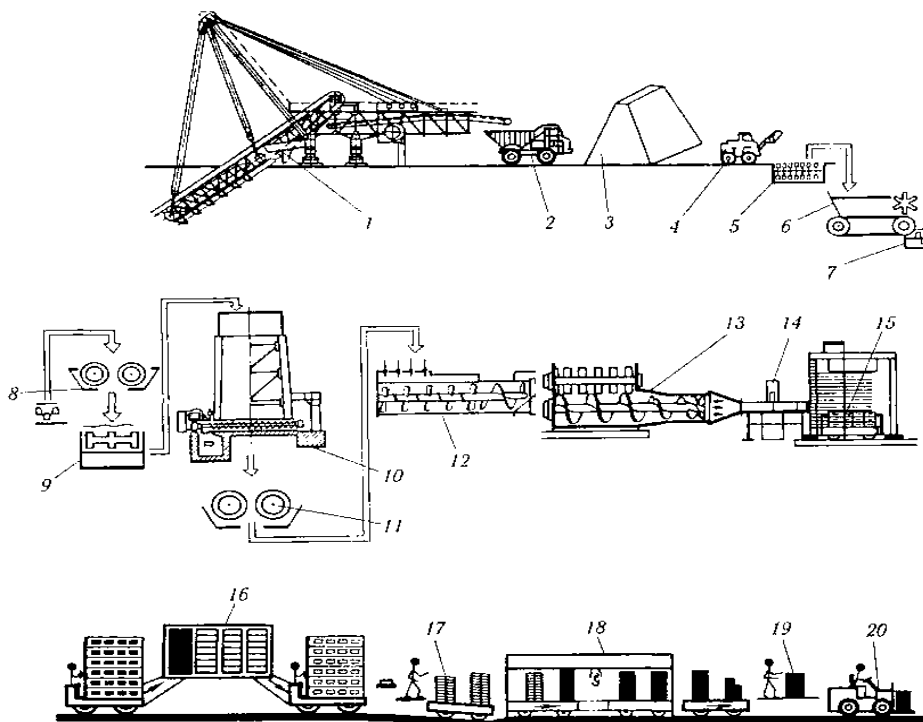
					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в подрібнюваній сировині немає металевих включень. Відтак, при цьому, необхідно облицьовувати чашу кам'яними плитами (з граніту, кварциту та ін.)[1].

1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЦЕГЛИ

Головною сировиною для виготовлення керамічних будівельних виробів (каменів, блоків, цегли, черепиці, дренажних труб) пластичним способом є легкоплавкі й тугоплавкі глини, різні технологічні добавки (пісок, шамот, дегідратована глина, гранульований шлак) і добавки, що вигоряють (тирса, вугілля, відходи вуглезбагачувальних фабрик, зола ТЕС), а також пластифікуючі (високопластичні глини, бетоніти, відходи целюлозного виробництва).

На рис. 1.1 наведено технологічну схему виготовлення цегли.



1 – екскаватор; 2 – автосамоскид; 3 – сховище; 4 – навантажувач; 5 – глино-розпушувач; 6 – ящиківий живильник; 7 – змішувач; 8 – камневиділювальні валки; 9 – бігуни мокрого помелу; 10 – глинозапасник; 11 – валки тонкого помелу; 12–глинозмішувач з фільтрувальною головою; 13 – шнековий прес; 14 – автомат

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

різання; 15 – сушильна вагонетка; 16 – камерні сушарки; 17 – випалювальні вагонетки; 18 – піч; 19 – піддон; 20 – майданчик відвантаження.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема роботи бігунів

Добута екскаватором 1 у кар'єрі глина перевозиться автосамоскидом 2, складається у відкритому сховищі 3 і навантажувачем 4 транспортується у глинорозпушувач 5, де великі куски і грудки глини подрібнюються. Під глинорозпушувачем встановлено ящиківий живильник 6, що забезпечує рівномірність подавання глини на технологічну лінію. Можуть бути встановлені також змішувач 7, камневиділювальні валки 8, бігуни 9. Після попереднього оброблення керамічна маса надходить у глинозапасник 10, який у разі непередбачених зупинок машин масопідготовчого відділення забезпечує безперебійну роботу шнекового преса 13.

Для більш ретельної підготовки керамічної маси часто використовують валки тонкого помелу 11 і глинозмішувач з фільтрувальною головою 12. Тонке подрібнювання глиняної маси є важливою технологічною операцією. Під час цієї операції руйнуються водоміцні оболонки, що з'єднують окремі зерна мінералів, що складають глину, внаслідок чого звільняються молекулярні зв'язки й навколо кожної частинки утворюється гідратна плівка, яка забезпечує як зчеплення, так і рухомість керамічної маси. Підготовлена керамічна маса надходить на формування в шнековий прес 13.

Відформований глиняний брус розрізується автоматом різання 14 і вироби вкладаються на сушильну вагонетку 15. Сушіння здійснюється в камерних сушарках 16. Після сушіння вироби перевантажуються на випалювальні вагонетки 17 і в печі 18 випалюються. Потім укладаються на піддон 19 і транспортуються на майданчик відвантаження 20 [2].

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІГУНІВ

Модуль пружності, MH/m^2 $2,2 \cdot 10^4$;
 границя міцності на стиснення, MH/m^2 22;
 об'ємна маса, m/m^3 1,8;
 коефіцієнт тертя ковзання котків по матеріалу 0,3;
 вагова продуктивність, $m/год$ 27;
 сила натискання шкребка, H 1000;
 діаметр котка, m 1,8;
 ширина котка, m 0,55;
 розмір вихідних отворів, $m \times m$ $(10 \times 36) \cdot 10^{-3}$;
 середній діаметр кочення котків, m 1,65;
 діаметр чаші, m 3,18;
 маса котка, kg 10911,2;
 швидкість переміщення центра чаші, m/c 2,07;
 потужність приводу двигуна, kW 52,39.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ БІГУНІВ МОКРОГО ПОМЕЛУ

Бігунами називають машини, що мають чашу з установленими на ній котками. У промисловості будматеріалів бігуни застосовують як для дрібного подрібнювання (3...8 мм), так і для грубого помелу (0,2...0,5 мм) таких матеріалів, як волога й суха глина, кварц, шамот тощо.

Принцип дії бігунів ґрунтується на роздавлюванні й одночасному стиранні матеріалу. За конструкцією розрізняють бігуни з нерухомою чашею, по якій котяться котки й одночасно обертаються навколо своєї горизонтальної осі; з обертовою чашею, у якій котки, що захоплюються тертям, обертаються тільки навколо своєї горизонтальної осі; з верхнім і нижнім урухомниками.

Залежно від матеріалу, з якого виготовлені котки, бігуни розрізняють із 1) металевими котками; 2) з кам'яними котками. Кам'яні котки застосовують тоді, коли в подрібнюваній сировині немає металевих включень. У цьому разі чашу бігунів облицьовують кам'яними плитами (із граніту, кварциту, кам'яного лиття, порцеляни)[1].

Бігуни мокрого помелу (рис.3.1) належать до типу машин безперервної дії з нерухомою чашею й нижнім урухомником. Вони призначені для здрібнювання глин вологістю понад 15...16 %. Конструкція бігунів мокрого помелу складається з масивної станини 2, виготовленої з окремих секцій, скріплених болтами. У верхній частині станини кріпиться встановлювальне кільце 3, на якому монтуються основні вузли машини. Під чаші 23 являє собою складальні секції, які закріплюються на встановлювальному кільці 3, центральну частину якого використовують для розміщення і кріплення центрального вала 4, встановленого на роликотідишниках 1, посаджених у стакан 24 й ізольованих від можливого потрапляння матеріалу, що

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дробиться, кришками 19. У нижній частині центрального вала є конічне зубчасте колесо 30, що входить у зачеплення з конічною зубчастою шестернею 29.

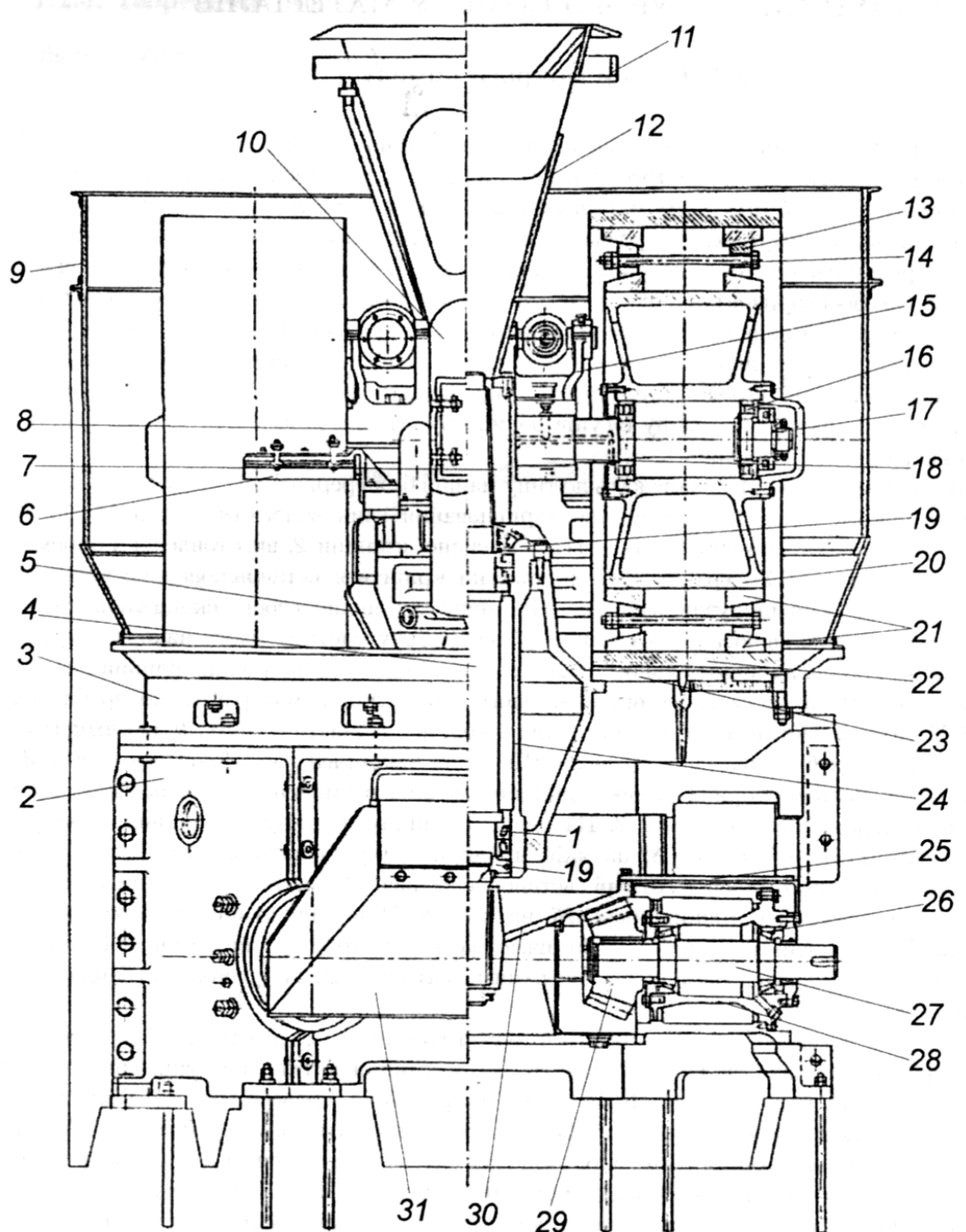


Рисунок 3.1 – Схема конструкції бігунів мокрого помелу

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

Шестірня закріплена на у рухомому валу 27, встановленому на радіально-упорних роликотпідшипниках 26 і розміщеному в стакані 23, який кріпиться в спеціальному вікні станини 2. На верхню конічну частину центрального вала 4 встановлено втулку 7 із траверсою 8, на якій шарнірно закріплено колінчасту вісь 15. На консольному кінці колінчастої осі в отворі встановлено вісь 18 котка, що складається з маточини 20, установленої на підшипниках 16 на осі 18. Підшипниковий вузол котка має кришки 17. Бандаж 22 повинен бути більшого діаметра, ніж маточина для заміни його в міру зношування. Між внутрішньою і зовнішньою поверхнями маточини 20 і внутрішньою бандажа 22 розміщені конічні кільця 20.

Конічні клини 13, вставлені між кільцями і стягнені гвинтами 14, дають змогу встановити й нерухомо закріпити бандаж 22 на маточині 20. За обертання котків поверхня бандажа 22 стикається з поверхнею поду чаші 3. Крім того, на рухливій траверсі 8 установлюються шкребки 6 - для зняття матеріалу з поверхні котків, для подачі матеріалу із застійних зон поду чаші під котки. Для вивантаження матеріалу з бігунів слугує обертова тарілка 25, закріплена на конічному зубчастому колесі й обертова разом із ним. Завдяки їй матеріал транспортується до вивантажувального лотка 31. Під лотками на корпусі станини встановлюється бункер 12, що має кільце 11 для утримування й подачі рідини в процесі подрібнювання. Камеру здрібнювання з бічних сторін закрито кожухом 9, установленим на кільці 3.

Для здрібнювання матеріал надходить у бункер 12 і потім через два рукави 10 одночасно подається під кожний коток. За такої двопотокової схеми роботи бігунів їхня продуктивність підвищується. Крутий момент передається від двигуна через редуктор і пружні втулково-пальцеві муфти.

Глина, здрібнена котками, продавлюється через отвори в чаші 23 і потім надходить на тарілку. Щоб отвори в плитах не забивалися, їх роблять конічними, що розширюються донизу. Отвори здебільшого бувають овальними розміром угорі від 6х30 до 12х40 мм залежно від потрібного ступеня здрібнювання матеріалу.

Котки бігунів зазвичай встановлюють на різних відстанях від центрального вала для того, щоб перекрити як найбільшу площу на чаші[4].

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ БІГУНІВ

В дипломному проекті, згідно з ТЗ необхідно розрахувати параметри бігунів мокрого помелу для подрібнення матеріалів з наступними техн. умовами: границя міцності на стиск $\sigma = 22 \text{ МН} / \text{м}^2$; модуль пружності $E = 2,2 \cdot 10^4 \text{ МН} / \text{м}^2$; густина $\rho = 1,8 \text{ т} / \text{м}^3$; коефіцієнт тертя; $f = 0.3$; продуктивність $P_p = 27 \text{ т} / \text{год}$; діаметр котка $D = 1,8 \text{ м}$; ширина шкребка $B = 0,55 \text{ м}$; розмір вихідних отворів в вигляді $a \times b = (10 \times 36) \cdot 10^{-3} \text{ м} \times \text{м}$; зусилля натиску шкребка $P = 1000 \text{ Н}$.

4.1. Кут захвату

Подрібнення куска матеріалу діаметром d у бігунах відбувається при умові, що коток діаметром D не зсуне матеріал по чаші, а накотиться на нього і роздавить кусок. При цьому на матеріал діють сила тиску P , сила тертя куска об каток P_f , сила матеріалу по чаші P_{1f} , реакція чаші на тиск матеріалу P_1 . Для того, щоб кусок був захоплений між катками і чашею необхідно, щоб сила $P \sin \alpha$ була меншою і в крайньому випадку рівною $fP \cos \alpha$ і fP_1 .

Кут захвату, згідно з формулою:

$$\alpha \leq 2 \cdot \arctg f = 2 \cdot \arctg 0,3 \approx 33^\circ 40'$$

де f – коефіцієнт тертя матеріалу об поверхню дроблення, $f = 0,3$.

Приймаємо $\alpha = 30^\circ$.

4.2. Відношення між діаметром котка бігунів та діаметром подрібненого матеріалу

Відношення між діаметром котка бігунів та середнім розміром матеріала на вході:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{D}{d} = \frac{1 + \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}; \quad (4.1)$$

Середній розмір матеріала на вході:

$$d = D \left(\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha} \right) = 1.8 \left(\frac{1 - \cos 30^\circ}{1 + \cos 30^\circ} \right) = 1.8 \left(\frac{1 - 0.87}{1 + 0.87} \right) = 0,125 \text{ м},$$

де D – діаметр котка, м.

4.3 Число обертів чаші бігунів

Для того, щоб кусок матеріалу під дією відцентрової сили не був скинутий за борти чаші, необхідно щоб сила тертя була більшою від відцентрової ($mf > I$).

$mgf > m\omega^2 R_c$, де R_c – радіус кола кочення котків;

$$R_c = 2B; \quad \omega = 2\pi R_c n, \quad \text{м / сек.}$$

$$gf > 4\pi^2 n^2 2B; \quad n \leq \sqrt{\frac{gf}{8\pi^2 B}};$$

Частота обертання чаші бігунів:

$$n \leq \frac{1}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{gf}{2D_K}} = \frac{1}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot 0,3}{2 \cdot 1,65}} \approx 0,306 / \text{с},$$

D_K – середній діаметр кочення котків,

$$D_K = 3B = 0,55 \cdot 3 = 1,65 \text{ м},$$

де B – ширина котків, $B=0,55 \text{ м}$.

Приймаємо $n=0,306/\text{с}$.

4.4 Розрахунок чаші бігунів

Діаметр чаші з формули продуктивності бігунів:

$$\Pi_p = 3,6 \cdot m \cdot D_q \cdot n, \quad (4.2)$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_q = \frac{\Pi_\rho}{2,59 \cdot m \cdot n} = \frac{27000}{2,59 \cdot 10911,2 \cdot 0,30} = 3,18 \text{ м},$$

де, m – маса котка :

$$m = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot B \cdot \rho_{\text{мет.}} = \frac{3,14 \cdot 1,8^2 \cdot 0,55 \cdot 7800}{4} = 10911,2 \text{ кг},$$

$\rho_{\text{мет.}}$ – об’ємна маса металу, з якого зроблені котки, $\rho_{\text{мет.}} = 7800 \text{ кг/м}^3$,

D_k – середній діаметр кочення котків,

$$D_k = 3B = 0,55 \cdot 3 = 1,65 \text{ м};$$

де B – ширина котків, B=0,55м;

Кількість отворів, які перекриваються котками з формули продуктивності бігунів (отвір показаний на рисунку 4.1):

$$\Pi_\rho = 3600 n l F (K_1 + K_2) \cdot \rho, \quad (4.3)$$

$$K_1 + K_2 = \frac{\Pi_\rho}{3600 n l F \cdot \rho} = \frac{27}{3600 \cdot 0,30 \cdot 0,025 \cdot 1,034 \cdot 10^{-3} \cdot 1,8} = 537,29,$$

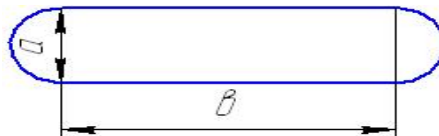


Рисунок 4.1 – Отвір поду бігунів

де F – площа перерізу отворів:

$$F = \pi a^2 + 2ab = 3,14 \cdot 0,01^2 + 2 \cdot 0,01 \cdot 0,036 = 1,034 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

l – довжина прутка матеріалу: l = 0,025 м.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

4.5 Потужність приводу бігунів

Потужність приводу двигуна витрачається на:

- подолання тертя катання котків по матеріалу;
- подолання тертя ковзання котків по матеріалу;
- на подолання тертя ковзання скребків по матеріалу;
- на втрати в приводі.

На рисунку 4.2 наведені сили, які діють на коток.

$$N_{\text{де}} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta}; \quad (4.4)$$

1. Витрати потужності на подолання тертя катання котків по матеріалу:

$$N_1 = P_K \cdot v \cdot i, \quad (4.5)$$

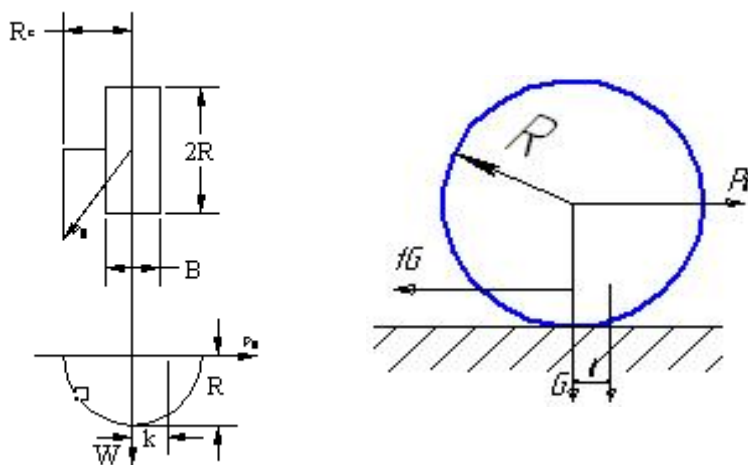


Рисунок 4.2 – Сили, які діють на коток

де P_K – сила тертя кочення:

$$P_K = \frac{\omega k}{R} = \frac{107038,87 \cdot 0,05}{0,9} = 5946,6 \text{ Н},$$

ω – відцентрова швидкість:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$\omega = mg = 10911,2 \cdot 9,81 = 107038,87 \text{ м/с},$$

$$R - \text{радіус котка: } R = \frac{D}{2} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ м},$$

v – швидкість переміщення центра чаші:

$$v = 2\pi R_c n = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,1 \cdot 0,3 = 2,07 \text{ м/с},$$

$$\text{де } R_c - \text{радіус кола: } R_c = 2B = 2 \cdot 0,55 = 1,1 \text{ м},$$

i – кількість котків, $i=2$;

$$N_1 = \frac{mgk}{R} 2\pi 2Bn^2 = \frac{8mgK\pi Bn}{R}, \quad (4.6)$$

$$N_1 = \frac{8mgk\pi Bn}{R \cdot 1000} = \frac{8 \cdot 10911,2 \cdot 9,81 \cdot 0,05 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 0,3}{0,9 \cdot 1000} = 24,65 \text{ кВт}.$$

2. Витрати потужності на подолання тертя ковзання котків по матеріалу:

$$N_2 = \frac{fmg\pi Bn}{1000} = \frac{0,30 \cdot 10911,2 \cdot 9,81 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 0,3}{1000} = 16,64 \text{ кВт}.$$

3. Витрати потужності на подолання тертя ковзання шкребків по матеріалу:

$$N_3 = \frac{fP2\pi nR_c}{1000} = \frac{0,3 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 1,1}{1000} = 0,62 \text{ кВт}.$$

4. ККД приводу:

$$\eta = \eta_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{ред.}} \cdot \eta_{\text{подш.}}^2 \cdot \eta_{\text{м.}} \cdot \eta_{\text{з.п.}} = 0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 \cdot 0,92 = 0,8 ;$$

де $\eta_{\text{дв.}}$ – коефіцієнт корисної дії двигуна;

$\eta_{\text{ред.}}$ – кпд редуктора конічної передачі;

$\eta_{\text{подш.}}$ – кпд підшипників привода;

$\eta_{\text{м.}}$ – кпд муфти;

$\eta_{\text{з.п.}}$ – кпд циліндричної зубчатої передачі.

Потужність приводу двигуна :

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta} = \frac{24,65 + 16,64 + 0,62}{0,8} = 52,39 \text{ кВт}.$$

Вибираємо асинхронний двигун серії 4АМ225М4 з номінальною потужністю $N=55 \text{ кВт}$, з частотою обертання $n=1500 \text{ об/хв}$.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6 Розрахунок конічної прямозубої передачі одноступінчатого редуктора

1. Матеріал для шестерні та колеса – легована сталь 40Х (поковка);
термообробка – покращення (гартування з високим відпуском), твердість після термообробки: для шестерні HB₁280,
для колеса HB₂250.

2. Допустиме контактне напруження :

$$[\sigma]_f = \sigma_{H \lim \beta} K_{HL} Z_R Z_V K_{KH} / S_H , \quad (4.7)$$

де $\sigma_{H \lim \beta}$ – границя контактної міцності поверхонь зубів, відносна базовому числу циклів зміни напружень.

При термічній обробці :

$$\sigma_{H \lim b} = 2HB + 70; \quad (4.8)$$

для шестерні :

$$\sigma_{H \lim b1} = 2 \cdot 280 + 70 = 630 \text{ МПа};$$

для колеса:

$$\sigma_{H \lim b2} = 2 \cdot 250 + 70 = 570 \text{ МПа};$$

K_{HL} – коефіцієнт довговічності, який враховує строк служби та режими напруження

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} \quad (4.9)$$

де N_{HO} – базове число циклів зміни напружень,

$$N_{HO} = 30 \text{ HB}^{2.4}, \quad (4.10)$$

для шестерні:

$$N_{HO1} = 30 \cdot 280^{2.4} = 224 \cdot 10^5,$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для колеса:

$$N_{HO2} = 30 \cdot 250^{2.4} = 171 \cdot 10^5,$$

N_{HE} – еквівалентне число циклів зміни напружень,

$$N_{HE} = 60 \sum \left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 n_i t_i, \quad (4.11)$$

де T_i – крутячий момент, що передається,

T_{\max} – максимальний крутний момент, який довго триває,

n_i – частота обертання,

t_i – довго тривалість дії моменту T_i :

для шестерні :

$$N_{HE1} = 60 [1 \cdot 0,7 + 1^3 \cdot 0,3] \cdot 750 \cdot 15000 = 142 \cdot 10^6;$$

для колеса :

$$N_{HF2} = N_{HE1} / U = 142 \cdot 10^6 / 5 = 28,4 \cdot 10^6,$$

де U – значення передаточного числа, $U=5$,

$$\begin{aligned} & N_{HE1} > N_{HO1}, \quad 142 \cdot 10^6 > 224 \cdot 10^5; \\ \text{так як } & N_{HE2} > N_{HO2}, \quad 28,4 \cdot 10^6 > 171 \cdot 10^5, \end{aligned} \quad \text{то}$$

$$K_{HL1}=K_{HL2}=1, \text{ а } \sigma_{H \lim b2} < \sigma_{H \lim b1},$$

$$570 \text{ МПа} < 630 \text{ МПа}.$$

Більш слабким є колесо; по ньому будемо вести розрахунок.

Шорсткість поверхонь зубів відноситься до 5-го класу, то $Z_2=0,9$.

Приймаємо колову швидкість зубчастих коліс $V < 5$ м/с; $Z_V=1$; $K_{KH}=1$.

Для зубчастих коліс з однорідною структурою матеріалу:

$$S_H=1,1;$$

$$[\sigma]_{H1} = [\sigma]_{H2} = 570 \cdot 1 \cdot 0,09 \cdot 1 \cdot 1 / 1,1 = 466 \text{ МПа}.$$

3. Зовнішній діаметр колеса:

$$d'_{e2} = 1014 \sqrt[3]{\frac{T_2 K'_{H\beta} K'_{HV} U}{(1 - K'_{bc}) K'_{bc} [\sigma]_H^2}},$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(4.12)

де T_2 – крутний момент на колесі:

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{55}{1500} = 350 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

K'_{BH} – значення коефіцієнта, який враховує розподілення навантаження по ширині вінця, приймаємо $K'_{\text{BH}} = 1,1$;

K'_{HV} – значення коефіцієнта, який враховує динамічне навантаження в защемленні, приймаємо $K'_{\text{HO}} = 1,1$;

K'_{be} – значення коефіцієнта ширини зубчастого вінця, який знаходимо за формулою:

$$K'_{\text{be}} = \frac{1.2}{(U + 0.6)} \leq 0,3,$$

$$K'_{\text{be}} = \frac{1.2}{(5 + 0.6)} \leq 0,21.$$

Приймаємо $K'_{\text{be}} = 0,3$.

$$d'_{e2} = 1014 \sqrt[3]{\frac{350 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 5}{(1 - 0,3) \cdot 0,3 \cdot 466^2}} = 364,6 \text{ мм.}$$

4. Зовнішній кільцевий модуль:

$$m'_e \geq \frac{b}{10} \geq \frac{R_e K'_{\text{be}}}{10} \geq \frac{d'_{e2} K'_{\text{be}}}{(20 \sin \delta_2)} \geq \frac{d'_{e2} K'_{\text{be}} \sqrt{(U^2) + 1}}{(20 \cdot U)} \geq \frac{364,6 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{5^2 + 1}}{(20 \cdot 5)} \geq 16,7 \text{ мм,}$$

Згідно ГОСТ 9563-60 приймаємо що : $m_e = 17 \text{ мм}$.

5. Число зубів колеса:

$$Z'_2 = \frac{d'_{e2}}{m} = \frac{364,6}{17} = 21,5,$$

приймаємо $Z_3 = 25$.

6. Уточнюємо зовнішній діаметр колеса:

$$d_{e2} = m_e z_2 = 17 \cdot 25 = 425 \text{ мм.}$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Число зубів шестерні:

$$Z_1' = \frac{Z_2}{U} = \frac{25}{5} = 5.$$

8. Уточнюємо передаточне число редуктора:

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{25}{5} = 5.$$

9. Зовнішня конусна відстань:

$$Re = 0.5m_t \sqrt{Z_1'^2 + Z_2^2} = 0,5 \cdot 17 \sqrt{25^2 + 5^2} = 216,7 \text{ мм.}$$

10. Ширина зубчастого вінця:

$$b' \leq Re R_{be}' \leq 216,7 \cdot 0,3 \leq 65,01 \text{ мм,}$$

приймаємо $b = 65 \text{ мм}$.

11. Уточнюємо коефіцієнт ширини зубчастого вінця:

$$K_{be} = \frac{b}{R_e} = \frac{65}{216,7} = 0,299.$$

12. Середній модуль:

$$m = m_e (1 - 0,5 K_{be}) = 17 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,299) = 14,5 \text{ мм.}$$

13. Колова швидкість на середньому діаметрі:

$$v = \frac{\pi m z_1 n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 14,5 \cdot 5 \cdot 1000}{1000 \cdot 60} = 3,79 \text{ м / с;}$$

Приймаємо 8-й ступінь точності виготовлення коліс.

14. Коефіцієнт ширини по середньому діаметрі шестерні:

$$\psi_d = \frac{UK_{be}}{(2 - K_{be})} = \frac{5 \cdot 0,299}{(2 - 0,299)} = 0,88.$$

15. Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження в защемленні:

$$K_{H\psi_2} = 1,07.$$

16. Геометричні розміри колеса:

$$\text{кут конуса: } \delta_2 = 90 - \delta_1 = 90 - 11,3 = 78,7^\circ;$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кут конуса вершин зубів: $\delta a_2 = \delta_2 - \theta a_2 = 78,7 + 2,245 = 80,945^0$, де θa_2 – кут половини зуба $\theta a_2 = 2,245^0$;

кут конуса впадин зуба: $\delta f_2 = \delta_2 - \theta f_2 = 78,7 - 2,245 = 76,455^0$;

зовнішній діаметр: $d_{e2} = m_e z_{\alpha} = 5 \cdot 60 = 300 \text{ мм}$;

внутрішній діаметр вершин зубів:

$d_{ae2} = d_{e2} + 2 h_{ae2} \cos \delta_2 = 300 + 2 \cdot 17 \cdot \cos 78,7 = 306,66 \text{ мм}$, де $h_{ae2} = m_e = 17 \text{ мм}$;

ширина зубчастого вінця : $b = 65 \text{ мм}$;

відстань від вершини конуса до площини вершин зубів:

$$B_2 = 0,5 d_{e1} - h_{ae2} \sin \delta_2 = 0,5 \cdot 60 - 17 \sin 78,7 = 26,0776 \text{ мм}.$$

17. Геометричні розміри шестерні:

зовнішня конусна відстань:

$$R_e = 0,5 m \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = 0,5 \cdot 14,5 \sqrt{5^2 + 25^2} = 184,8 \text{ мм};$$

кут конуса:

$$\delta_1 = \arctg \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right) = \arctg \left(\frac{5}{25} \right) = 11,3^0;$$

кут ноги зуба:

$$\theta f_1 = \arctg \left(\frac{h_{fe1}}{R_e} \right) = \arctg \left(\frac{20,4}{184,8} \right) = 6,28,$$

де $h_{fe1} = 1,2 m_e = 1,2 \cdot 17 = 20,4 \text{ мм}$ - зовнішня висота ніжки зуба;

кут головки зуба: $\theta a_1 = \theta f_2 = \theta f_1 = 6,28^0$;

кут конуса вершин зуба: $\delta a_1 = \delta_1 + \theta a_1 = 11,3 + 6,28 = 17,58^0$;

кут конуса впадин зуба: $\delta f_1 = \delta_1 - \theta f_1 = 11,3 - 6,28 = 5,02^0$;

зовнішній діаметр $d_{e1} = m_e z_1 = 17 \cdot 5 = 85 \text{ мм}$;

внутрішній діаметр вершин зубів:

$d_{e1} = d_{e1} + 2 h_{ae1} \cos \delta_1 = 85 + 2 \cdot 17 \cdot \cos 11,3 = 119,98 \text{ мм}$, де $h_{ae1} = m_e = 17 \text{ мм}$ –

внутрішня висота головки зуба;

Відстань від вершини конуса до площини вершини зубів:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$B_1 = 0.5 \cdot de_2 - ha_{e1} \sin \delta_1 = 0,5 \cdot 300 - 17 \cdot \sin 11,3 = 146,67 \text{ мм}.$$

4.7 Розрахунок циліндричної прямозубої передачі

1. Матеріал для шестерні та колеса – Ст5 (поковка);
термообробка – нормалізація;
для шестерні:

$$\sigma_B = 570 \text{ МПа}; \sigma_T = 270 \text{ МПа}; HB_1 = 170;$$

для колеса:

$$\sigma_B = 570 \text{ МПа}; \sigma_T = 260 \text{ МПа}; HB_1 = 170;$$

2. Допустиме напруження згину для шестерні:

$$\sigma_F = \frac{\sigma_{F \text{ lim' }}}{S_F} Y_S Y_R.$$

Знаходимо границю міцності зубів при згині:

$$\sigma_{F \text{ lim1 }} = \sigma_{F \text{ lim b1 }} K_{Fc} K_{Fl}, \quad (4.13)$$

де границя міцності при згині :

$$\sigma_{F \text{ lim b1 }} = 1,8 HB_1 = 1,8 \cdot 170 = 306 \text{ МПа};$$

K_{Fc} – коефіцієнт, який враховує вплив двостороннього прикладення навантаження, $K_{Fc}=1,0$;

коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL1} = \sqrt[m_F]{\frac{N_{F0}}{N1}}; \quad (4.14)$$

При $HB < 350$, $m_F=6$,

N_{F0} – Базове число циклів зміни напружень, $N_{F0}=4 \cdot 10^6$;

N_{FE1} – Еквівалентне число циклів зміни напружень,

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{FE1} = N_{E1} = 60 \cdot 350 \cdot 7000 = 147 \cdot 10^6;$$

$$K_{FL1} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{147 \cdot 10^6}}.$$

$N_{FE1} = 147 \cdot 10^6 > N_{F0} = 4 \cdot 10^6$, тому приймаємо $K_{FL1} = 1,0$.

$$\sigma_{F \lim 1} = 306 \cdot 1 \cdot 1 = 306 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт безпеки: $S_F = S'_F S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625$,

де, $S'_F = 1,75$; $S''_F = 1,75$; коефіцієнти $Y_s = 1,0$; $Y_R = 1,0$.

Допустима напруга згину для зуба шестерні:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{306}{2,625} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 116 \text{ МПа}.$$

3. Допустима напруга згину для зуба колеса:

$$[\sigma_{F\alpha}] = \frac{\sigma_{F \lim \alpha}}{S_F} Y_S Y_R. \quad (4.15)$$

Знаходимо границю міцності при згині:

$$\sigma_{F \lim 2} = \sigma_{F \lim b 2} K_{Fc} K_{FL2}, \quad (4.16)$$

$$\sigma_{F \lim b 2} = 1,8 H_{B2} = 1,8 \cdot 170 = 306 \text{ МПа};$$

K_{Fc} – коефіцієнт навантаження, $K_{Fc} = 1,0$;

коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL1} = \sqrt[m_F]{\frac{N_{F0}}{N1}}; \quad (4.17)$$

При $H_B < 350$, $m_F = 6$;

базове число циклів зміни напружень: $N_{F0} = 4 \cdot 10^6$.

Еквівалентне число циклів зміни напружень:

$$N_{FE2} = N_{E2} = 60 h_2 L = (60 \cdot 350 \cdot 7000) / 5 = 29 \cdot 10^6;$$

$$K_{FL2} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{29 \cdot 10^6}} = 0,7.$$

Границя міцності:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{F\lim 2} = 306 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 214 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625, \text{ де}$$

$$S'_F = 1,75; S''_F = 1,75; \text{ коефіцієнти } Y_s = 1,0; Y_R = 1,0.$$

Допустима напруга згину для зуба шестерні:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{214}{2,625} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 82 \text{ МПа.}$$

4. Допустиме напруження згину при розрахунку на дію максимального навантаження для зуба шестерні:

$$[\sigma_{FM1}] = \frac{\sigma_{F\lim M1}}{S_{FM}} Y_S, \quad (4.18)$$

гранична напруга:

$$\sigma_{F\lim M1} = 4,8 HB_1 = 4,8 \cdot 170 = 816 \text{ МПа,}$$

коефіцієнт безпеки:

$$S_{FM} = S'_{FM} S''_{FM} = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625, \text{ де } S'_{FM} = 1,75; S''_{FM} = S''_F = 1,5,$$

коефіцієнт $Y_S = 1$.

$$[\sigma_{FM1}] = \frac{816}{2,625} \cdot 1,0 = 311 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга згину при розрахунку на дію максимального навантаження для зуба колеса $[\sigma_{FM2}] = [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа}$, так як колесо та шестерні виготовлені із одного і того ж самого матеріалу і мають однакову твердість зубів.

5. Допустима контактна напруга при розрахунку на дію максимального навантаження для зуба шестерні:

$$[\sigma_{HM1}] = 2,8 \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 756 \text{ МПа;}$$

для зуба колеса:

$$[\sigma_{HM2}] = 2,8 \sigma_T = 2,8 \cdot 260 = 728 \text{ МПа.}$$

6. Модуль защемлення:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \sqrt[3]{\frac{2T_{F1} K_{F\alpha} F_{F\beta} K_{Fv} \cos^2 \beta}{z_1^2 \psi_d [\sigma_{F1}]} Y_{F1} Y_B}, \quad (4.19)$$

$$\text{де } T_{F1} = 9550 \cdot 10^3 \frac{N_1}{n_1} = 9550 \cdot 10^3 \frac{5}{350} = 136 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} -$$

крутний момент на шестерні;

$K_{F2}=1,0$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між зубами;

$\psi_{d\max} = 0,7$ – коефіцієнт ширини зубчастого вінця при консольному розміщенні шестерні $\psi_d = (0,7 \dots 0,9) \psi_{d\max} = 0,7 \cdot 0,7 = 0,49$, приймаємо $\psi_d = 0,5$;

$K_{FB}=1,35$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження по ширині вінця.

Окружна швидкість колес:

$$v = 0,0125 \sqrt[3]{N_1 n_1^2} = 0,0125 \sqrt[3]{5 \cdot 350^2} = 1,0 \text{ м/с}.$$

При $v=1,0$ м/с ступінь точності передачі – 9-та.

$K_{Fv}=1,013$ – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження.

Число зубів шестерні: $z_1=17$;

число зубів колеса: $z_2=z_1 \cdot U=17 \cdot 5=85$;

$Y_{F1}=4,25$; $Y_{F2}=3,6$ – коефіцієнти форми зуба для шестерні та колеса;

$Y_B=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив нахилу зуба на напружений стан зубів прямозубих колес.

Визначаємо співвідношення: $Y_F / [\sigma_F]$.

Для зуба шестерні:

$$\frac{Y_{F1}}{[\sigma_{F1}]} = \frac{4,25}{116} = 0,0366;$$

для зуба колеса:

$$\frac{Y_{F2}}{[\sigma_{F2}]} = \frac{3,6}{82} = 0,044.$$

Із двох коліс зубчастої пари більш слабим є колесо, для якого:

$$\frac{Y_{F2}}{[\sigma_{F2}]} = \frac{3,6}{82} = 0,044.$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Модуль заземлення:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 136 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 1,013 \cdot 1,35}{17^2 \cdot 0,5 \cdot 82}} \cdot 3,6 \cdot 1,0 = 11,3 ;$$

приймаємо $m = 11 \text{ мм}$.

$$m' = m \sqrt[3]{\frac{K'_{FV} Y_S}{K_{FV} Y_S}} = 11 \sqrt[3]{\frac{1,018 \cdot 1,0}{1,013 \cdot 0,92}} = 11,3 \text{ мм}.$$

Діаметр початкової окружності шестерні:

$$d_{\omega} = m z_1 = 11,3 \cdot 17 = 192,1 \text{ мм}.$$

Розрахункова кругова швидкість коліс:

$$V = \frac{\pi d_{\omega} n_1}{60000} = \frac{3,14 \cdot 192,1 \cdot 135}{60000} = 1,35 \text{ м / с}.$$

Коефіцієнт динамічного навантаження $K'_{FV} = 1,018$.

Зовнішній діаметр колеса: $d_{e2} = m \cdot z_2 = 11,3 \cdot 85 = 960,5 \text{ мм}$.

Приймаємо зовнішній діаметр колеса $d_{e2} = 1355 \text{ мм}$.

Внутрішній діаметр колеса:

$$d_{ae2} = d_{e2} - 2 h_{ae2} \cdot \cos \delta_2 = 1355 - 2 \cdot 16 \cdot \cos 58^\circ = 1338 \text{ мм}.$$

Приймаємо внутрішній діаметр колеса $d_{ae2} = 1325 \text{ мм}$.

4.8 Розрахунки на міцність деталей бігунів

4.8.1 Конічна прямозуба передача

1. Розрахунок на контактну міцність при дії максимального вантажу:

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \sqrt{\frac{T_{\max}}{T}} = 457,4 \sqrt{2} = 647 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для зубів колеса, які будуть покращуватися:

$$[\sigma]_{H \max} = 2,8 \sigma_T, \text{ де } \sigma_T - \text{ границя текучості матеріалу при розтягу.}$$

Для колеса, як «м'якого»:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$[\sigma_T] = 490 \text{ МПа} , \text{ тому } [\sigma]_{H \max} = 2,8 \cdot 490 = 1372 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{H \max} > \sigma_{H \max} ; 1372 \text{ МПа} > 647 \text{ МПа}.$$

2. Перевірка зубів на міцність при згині.

Розраховуємо кут конуса шестерні:

$$\delta_1 = \arctg \left(\frac{z_1}{z_2} \right) = \arctg \left(\frac{5}{25} \right) = 11,3^\circ;$$

кут конуса колеса:

$$\delta_2 = 90 - \delta_1 = 90 - 11,3 = 78,7^\circ.$$

2. Еквівалентне число зубів: шестерні:

$$z_{01} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} = \frac{5}{\cos 11,3} = 5,1;$$

колеса :

$$z_{02} = \frac{z_2}{\cos \delta_2} = \frac{25}{\cos 78,7} = 127,58.$$

4. Коефіцієнти, які враховують форму зубів при коефіцієнті зміщення: $K_Y=0$ для шестерні:

$$Y_{F1} = 3,567 + \frac{206}{z_{01}^2} = 3,567 + \frac{206}{5,1^2} = 11,5;$$

для колеса:

$$Y_{F2} = 3,7 \text{ т.як } z_{02} = 127,58 > 80.$$

5. Допустиме напруження при розрахунку на міцність зубів:

$$[\sigma] F_0 = \sigma_F^0 \lim b K_{FL} Y_b Y_R Y_{YF} / S_F , \quad (4.20)$$

де σ_F^0 – границя міцності зубів, при згині.

При термічній обробці: $\sigma_{limb} = 1,9 \text{ НВ};$

для шестерні:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{F \lim b_1}^0 = 1,8 \cdot 280 = 504 \text{ МПа};$$

для колеса:

$$\sigma_{F \lim b_1}^0 = 1,8 \cdot 250 = 450 \text{ МПа};$$

$L_{FL1}=K_{FL2}=1$ – коефіцієнт довго текучості.

Для зубчастих коліс із конструкційних сталей коефіцієнт Y_b визначають в залежності від середнього модуля за формулою:

$$Y_b = 1,096 - 0,192 \lg m = 1,096 - 0,192 \lg 4,265 = 0,975.$$

При класі шорсткості не нижче 4, $Y_R=1$.

При діаметрі вершин зубів колеса:

$$d_{a12} \leq 300 \text{ мм};$$

$$K_{YF} = 1, \text{ при } d_{a12} > 300 \text{ мм}; K_{YF2} = 1,035 - 0,000117 d_{a12};$$

$$K_{YF1} = K_{HF2} = 1.$$

Коефіцієнт безпеки: $S_F = S_F' S_F''$, де S_F' – коефіцієнт, який враховує нестабільність властивостей матеріалу і відповідальність зубчастої передачі при можливості неруйнування 99%.

$$S_F' = 1,75;$$

S_F'' – коефіцієнт, який враховує спосіб виготовлення заготовок, при умові (для поковок та штамповок) $S_F'' = 1$.

$$S_{F1} = S_{F2} = 1,75.$$

Допустиме напруження:

для шестерні:

$$[\sigma]_{F01} = 504 \cdot 1 \cdot 0,975 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,75} = 280,8 \text{ МПа};$$

для колеса:

$$[\sigma]_{F02} = 450 \cdot 1 \cdot 0,975 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1,75} = 251 \text{ МПа}.$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зуби коліс – відносно слабкі, тому що 251 МПа < 280,8 МПа.

6. Напруження згину в зубах колеса:

$$\sigma_{F2} = F_t K_{Fv} Y_{F2} / (0,85 B m),$$

де K_{Fv} – коефіцієнт, який враховує розподілення навантаження по ширині вінця; $K_{Fv}=1,2$.

K_{Fv} – коефіцієнт, який враховує динамічну складову навантаження, що з'явилося у закріпленні:

$$F_{Fv} = 1 + \omega F v b / (F_t K_{F\beta}), \quad (4.21)$$

де ω_{Fv} – питома кругова динамічна сила:

$$\omega_{Fv} = \delta_F g_0 v \sqrt{0,5 m z_1 \frac{(U+1)}{U}}; \quad (4.22)$$

δ_F – коефіцієнт, який враховує вплив форми зубів; при прямих зубах

$$\delta_F = 0,016; \quad \omega_{Fv} = 0,016 \cdot 51 \cdot 2,67 \cdot \sqrt{0,5 \cdot 14,5 \cdot 5 \cdot \frac{(5+1)}{5}} = 1437 \text{ мм};$$

$$K_{Fv} = 1 + 12 \cdot 45 / (4000 \cdot 1,2) = 0,1;$$

$$\sigma_{F2} = 4000 \cdot 1,2 \cdot 0,1 \cdot 3,7 / (0,85 \cdot 65 \cdot 14,5) = 25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F2} < [\sigma]_{F2};$$

$$25 \text{ МПа} < 251 \text{ МПа}.$$

7. Розрахунок на міцність (при згині) значень максимального навантаження для умов відсутності деформацій та зламу зубів.

Найвище розрахункове напруження в зубах колеса:

$$\sigma_{F \max} = \sigma_{F2} T_{2 \max} / T_2 = 25 \cdot 2 = 50 \text{ МПа} \text{ не повинне перевищувати допустимого.}$$

$$[\sigma]_{F \max} = \sigma_{F \lim H2} \frac{Y_b}{S_{FH2}}, \quad (4.23)$$

де $\sigma_{F \lim H2}$ – напруження, яке не призводить до деформацій зуба:

$$\sigma_{F \lim H2} = 4,8 H B_2 = 4,8 \cdot 250 = 1200 \text{ МПа}.$$

S_{FH2} – коефіцієнт безпеки; $S_{FH2} = 1,75$.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma]_{F_{\max}} = 1200 \cdot 0,975 / 1,75 = 668,5 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{F_{\max}} > \sigma_{F_{\max}};$$

$$668,5 \text{ МПа} > 50 \text{ МПа}.$$

4.8.2 Циліндрична прямозуба передача

1. Перевірний розрахунок зубів на міцність при згині максимального навантаження. Розрахункова напруга згину від максимального навантаження:

$$\sigma_{FM} \sigma_F \frac{T_M}{T_1} \leq [\sigma_{FM}].$$

Напруга згину в зубах шестерні :

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} Y_{\beta} \frac{W_{Ft}}{m} = 4,25 \cdot 1,0 \cdot \frac{21}{11} = 8 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}] = 116 \text{ МПа},$$

де питоме розрахункове навантаження:

$$W_{Ft} = \frac{2T_{F1}}{d_{w1} b_w} K_{F\alpha} K_{F\beta} K_{Fv} = \frac{2 \cdot 136 \cdot 10^3}{95 \cdot 192,1} \cdot 1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,013 = 21 \text{ МПа}.$$

Ширина зубчастого вінця: $b_w = \psi d_{w1} = 0,5 \cdot 192,1 = 96,05$. Приймаємо $b_w = 95$ мм;

$$T_{F1} = 9550 \cdot 10^3 \frac{5}{350} = 136 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм} - \text{крутний момент на шестерні};$$

$K_{F\alpha} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між зубами;

$K_{F\beta} = 1,35$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження по ширині

вінця.

Колова швидкість коліс:

$$v = 0,0125 \sqrt[3]{N_1 n_1} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{5 \cdot 350^2} = 1,0 \text{ м / с};$$

при $v = 1,0$ м/с ступінь точності передачі – 9-та;

K_{Fv} – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження.

$Y_{F1} = 4,25$; $Y_{F2} = 3,6$ – коефіцієнт форми зуба для шестерні та колеса.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Y_B=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив нахилу зуба на напружений стан зубів прямозубих колес.

Напруження згину в зубах колеса:

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 8 \cdot \frac{3,6}{4,25} = 7 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 82 \text{ МПа}.$$

Напруження згину від максимального навантаження у зубах шестерні:

$$\sigma_{FM1} = 8 \cdot 2 = 16 \text{ МПа} < [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа};$$

у зубах колеса:

$$\sigma_{FM1} = 7 \cdot 2 = 14 \text{ МПа} < [\sigma_{FM1}] = 311 \text{ МПа}, \text{ де } \frac{T_M}{T_1} = 2.$$

2. Перевірний розрахунок на контактну міцність при дії максимального навантаження.

Розрахункове навантаження:

$$\sigma_{HM} = \sigma_H \sqrt{\frac{T_M}{T_1}} \leq [\sigma_{HM}].$$

Контактна напруга від номінального навантаження:

$$\sigma_H = z_H z_M z_e \sqrt{\frac{2T_{H1} K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{Hv}}{b_\omega \alpha_{\omega1}^2} \frac{U+1}{U}} \quad (4.24)$$

Крутний момент $T_1=136 \cdot 10^3$ Н·мм.

$Z_H=1,76$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхонь.

$Z_M=275$ МПа – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу зубчастих коліс.

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cos \beta = 1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{17} + \frac{1}{85} \right) = 1,65.$$

Коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній:

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_{\alpha}}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,65}{3}} = 0,88.$$

$K_{Ha}=1.0$ – коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між зубами прямозубих коліс.

Коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження по ширині вінця при $\psi d = 0.5$ та консольному розміщенні зубчастого колеса, $K_{H\beta} = 1,17$;

$K_{Hv} = 1.01$ – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження.

Контактна напруга :

$$\sigma_H = 1,076 \cdot 275 \cdot 0,88 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 136 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 1,17 \cdot 1,01}{95 \cdot 192,1^2} \cdot \frac{5+1}{5}} = 141 \text{ МПа}.$$

Напруга від максимального навантаження:

$$\sigma_{HM} = 141\sqrt{2} = 199 \text{ МПа} < [\sigma_{HM2}] = 728 \text{ МПа}.$$

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

5. ПАТЕНТНО – ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

При виконанні проекту було проведено патентний огляд конструкцій бігунів, згідно з технічним завданням. Результати відображено у Патентному формулярі.

Таблиця 5.1 – Патентний формуляр

№	Назва, номер патенту, дата публікації, індекс МПК	Автори винаходу	Мета винаходу
1	Бігуни, 3118, 29.01.04., B02C 15/00	Гулковський Д.П., Большаков В.І., Вишинський В.Т., Клименко Ф.К., Пилипчатін Л.Д., Чернавський Г.Г.	Збільшується продуктивність змішувальних бігунів, а також знижується енергоємність процесу дроблення. Бігуни, що містять ча-шу з розташованими в ній котка-ми з осями обертання і привідним валом, з'єднаним із котками системою кривошипів і шарнірів, які відрізняються тим, що шарнір, що з'єднує кожен коток із своїм кривошипом, виконаний у вигляді роликового радіального сферичного підшипника, встановленого на перетинанні горизонтальної й вертикальної осей симетрії котка.

2	Бігуни, 77355, 31.07.12., B02C 15/14	Мікульонок І.О., Олейниченко Т.В.	Спрощення виготовлення чаші та експлуатації, зокрема заміну зношеної ділянки.Бігуни, що містять станину, нерухому чашу з щілинами, закріплений на
---	---	--	---

Продовження таблиці 5.1

			нерухомій чаші круговий борт, а також щонайменше два котки, встановлені всередині кругового борта з можливістю обертання навколо осей, змонтованих на приводному вертикальному валу, що проходить крізь центральну порожнисту частину нерухомої чаші, які відрізняється тим, що нерухому чашу виконано у вигляді сукупності розміщених із зазором одна відносно одної вертикальних пластин, які згруповано в чотири розбірні секції прямокутної або квадратної форми, при цьому центральну порожнисту частину нерухомої чаші утворено зміщенням зазначених секцій між собою
3	Бігуни, 3289, 29.12.03.,	Гоцанюк М. С.	Недоліком є швидкий знос валків. Задача вирішується тим, що зовніш-

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

	B22C 5/00		ні поверхні бандажів виконані конічними з кутом 2-12°. Для поліпшення захисту від зносу на торцевій поверхні бандажів можуть бути закріплені підрізні ножі клиноподібної форми.
--	-----------	--	---

Продовження таблиці 5.1

4	Бігуни для здрібнення глиняних мас, 2036008, 27.05.95., B02C 15/14	Шлегель І. Ф.	Винахід сприяє підвищенню ефективності подрібнення глиняних мас з одночасним зниженням маси і габаритів бігунів. Для цього в бігунах, містять чашу з приводом її обертання, що обертаються навколо своїх осей котки з механізмом притиснення їх до дна чаші
5	Бігуни, 58387, 27.11.06., B02C 15/00	Іванюта Г.Н., Максименюк О.П.	Недоліком ряду пристроїв є те, що по дну чаші вкладаються суцільні плити, які утворюють внутрішню кільцеву доріжку, та решітки з отворами, що утворюють зовнішню дірчасту доріжку; котки в процесі роботи істотно зношуються. Виконання чаші з цілісного матеріалу з перфорованим дном забезпечує більш якісну грануля-

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

			цію глинистої сировини, запобігає передчасному зносу ковзанок, виключає виникнення вібраційного навантаження при обертанні котків на стиках між плитами.
--	--	--	--

1. Назва патенту: Бігуни

Номер патенту: 3118

Індекс МПК: B02C 15/00

Дата публікації: 29січня 2004 року

Автори винаходу: Гулковський Д.П.,Большаков В.І.,Вишинський В.Т.,

Клименко Ф.К.,Пилипчатін Л.Д.,Чернавський Г.Г.

Недоліки бігунів: наявність шкідливих моментів, що діють на підшипники траверси, кронштейна котків. Ці фактори знижують довговічність бігунів.

Поставлену задачу вирішено тим, що в змішувальних бігунах, що містять чашу з розташованими в ній котками з осями обертання і приводним валом, з'єднаним із котками системою кривошипів і шарнірів, згідно з корисною моделлю, кожен шарнір, що з'єднує котки з кривошипами виконаний у виді роликового радіального сферичного підшипника, встановленого на перетинанні горизонтальної й вертикальної осей симетрії котків.

Суть запропонованої корисної моделі пояснюється графічно на рис. 5.1 і 5.2.

Бігуни містять чашу 1, у якій установлені котки 2. За допомогою роликових радіальних сферичних підшипників 3 котки з'єднані з кривошипами 4, що у свою чергу шарнірно кріпляться до приводного вала 5 за допомогою циліндричних

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шарнірів 6. При цьому роликові радіальні сферичні підшипники, встановлені на перетинанні горизонтальної 7 і вертикальної 8 осей симетрії котка.

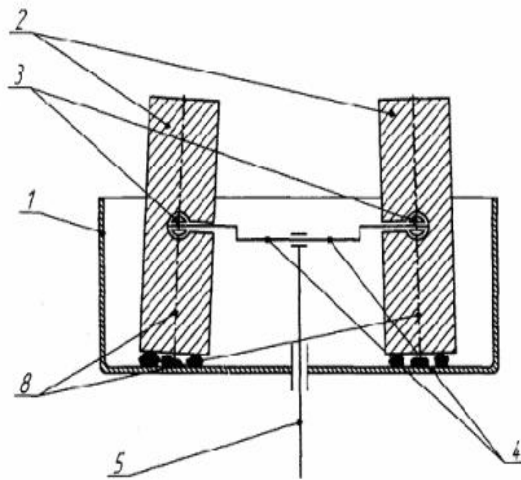


Рисунок 5.1–Схема бігунів

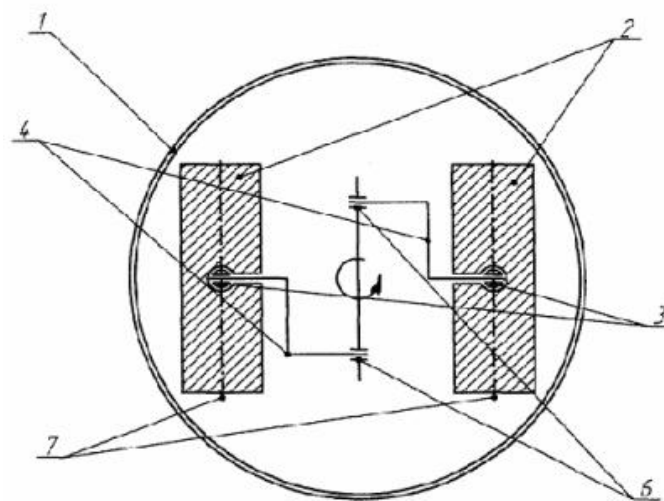


Рисунок 5.2 – Схема бігунів (вид зверху)

2. Назва патенту: Бігуни

Номер патенту: 77355

Індекс МПК: B02C 15/14

Дата публікації: 31 липня 2012 року

Автори винаходу: Мікульонок І.О., Олейниченко Т.В.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення бігунів, у яких нове конструктивне виконання їх нерухомої чаші забезпечує істотне спрощення її виготовлення та експлуатації, зокрема заміну зношеної ділянки.

Поставлена задача вирішується тим, що в бігунах, які містять станину, нерухому чашу з щілинами, закріплений на нерухомій чаші круговий борт, а також щонайменше два котки, встановлені всередині кругового борта з можливістю обертання навколо осей, змонтованих на приводному вертикальному валу, що проходить крізь центральну порожнисту частину нерухомої чаші, згідно з пропонованою корисною моделлю, новим є те, що нерухому чашу виконано у вигляді сукупності розміщених із зазором одна відносно одної вертикальних пластин, які згруповано в чотири розбірні секції прямокутної або квадратної форми, при цьому центральну порожнисту частину нерухомої чаші утворено зміщенням зазначених секцій між собою.

Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено: на рисунку 5.3– загальну схему конструкції бігунів; на рисунку 5.4– вигляд згори нерухомої чаші з розміщеними на ній котками.

Бігуни містять станину 1, нерухому чашу 2 з щілинами 3, закріплений на нерухомій чаші 2 круговий борт 4 (наприклад, виконаний у вигляді пластини, закріпленої на нерухомій чаші 2 за допомогою прихоплювачів (не показані)), а також два котки 5, встановлені всередині кругового борта 4 з можливістю обертання навкруги осей 6, змонтованих на приводному вертикальному валу 7, що проходить крізь центральну порожнисту частину 8 нерухомої чаші 2 (рисунок 5.3).

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нерухому чашу 2 при цьому виконано у вигляді сукупності розміщених із зазором одна відносно одної вертикальних пластин 9, які згруповано в чотири розбірні секції 10 прямокутної (або квадратної) форми, а центральну порожнисту частину 8 нерухомої чаші 2 утворено зміщенням зазначених секцій 10 між собою (рисунк5.4).

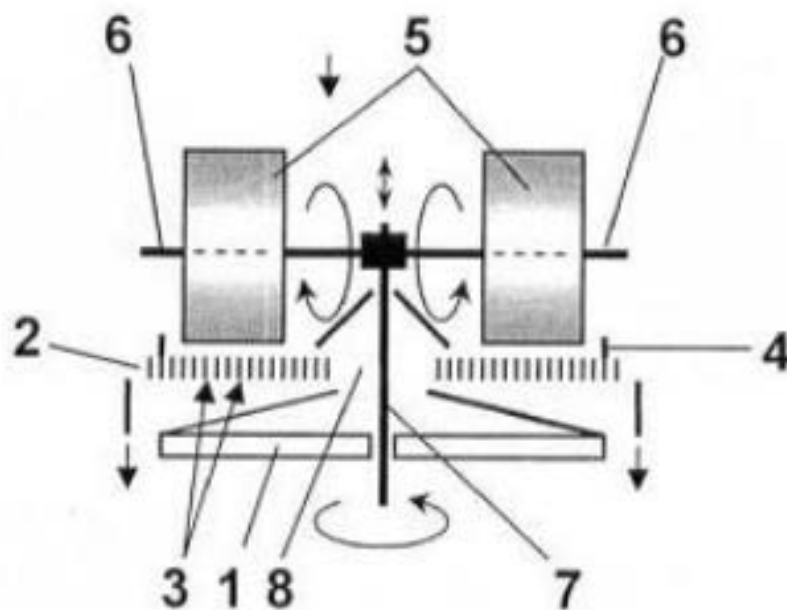


Рисунок 5.3 – Загальна схема конструкції бігунів

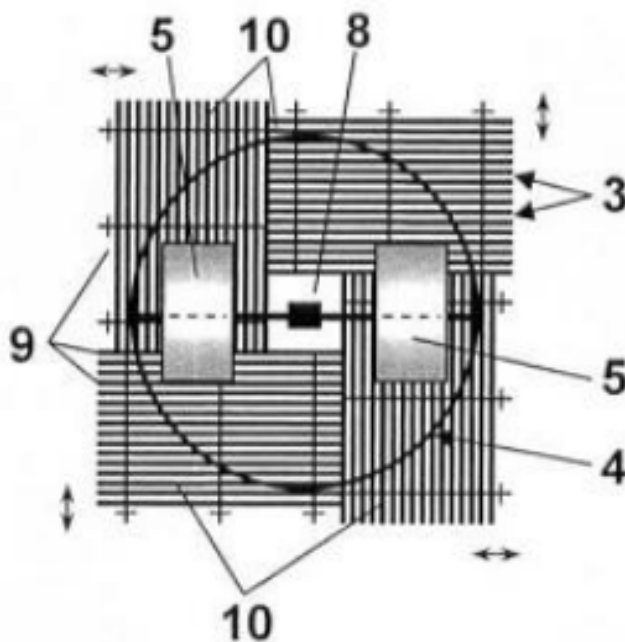


Рисунок 5.4 – Вигляд згори нерухомої чаші

3. Назва патенту: Бігуни

Номер патенту: 3289

Індекс МПК: B22C 5/00

Дата публікації: 29 грудня 2012 року

Автори винаходу: Гоцанюк М. С.

Недоліком ряду бігунів є швидкий знос валків. Задача покращення конструкцій бігунів вирішується наступним чином: зовнішні поверхні бандажів виконано конічними, з кутом $2-12^\circ$; також вони звернені підставами конусів один до одного. Для поліпшення захисту від зносу на торцевій поверхні бандажів можуть бути закріплені підрізні ножі (клиноподібної форми).

Бігуни містять чашу 1, дно якої складається з плити 2 та решітки 3. Над ними на осі 4 встановлено котки 5 з бандажами 6. На торцевій поверхні бандажів закріплено підрізні ножі 7 клиновидної форми. Під час руху котків 5 з бандажами 6 по плиті 2 керамічна маса перероблюється; потім вона продавлюється через решітку 3 (рис. 5.5).

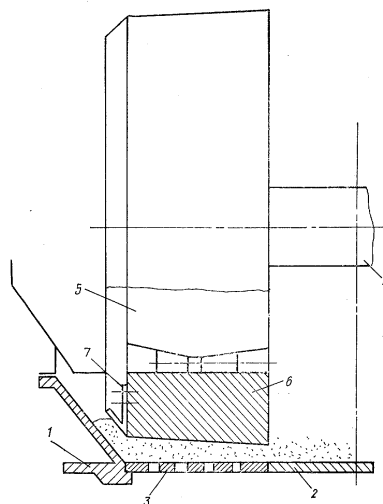


Рисунок 5.5 – Схема бігунів

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4. Назва патенту: Бігуни

Номер патенту: 2036008

Індекс МПК: B02C 15/14

Дата публікації: 27 травня 1995 року

Автори винаходу: Шлегель І. Ф.

Пропонований винахід сприяє підвищенню ефективності подрібнення глиняних мас з одночасним зниженням маси і габаритів бігунів. Для цього в бігунах, що містять чашу з приводом її обертання, що обертаються навколо своїх осей, котки з механізмом притиснення їх до днища чаші; днище чаші виконане у вигляді ґрат, утвореної однією або декількома рознесеними між собою довгомірними пластинами, згорнутими по спіралі з зазором між витками і зафіксованими в такому стані сполучними елементами, наприклад радіальними штирями.

Бігуни (рисунок 5.7) містять чашу 1, що складається (рисунок 5.8) з решітки 2 і боковини 3, які є ободом шківів клинопасової передачі 4 приводу обертання чаші. Решітка 2 утворена довгомірною пластиною 5, згорнутою по спіралі з зазором між витками і зафіксованою в такому стані радіальними штирями 6 і маточиною 7. Боковина 3 чаші з канавками для клинових ременів приводу її обертання прикріплена за допомогою кріпильних елементів 8 до маточини 7 решітки 2. Чаша за допомогою підшипникового вузла 9 змонтована на вертикальній опорі 10, співвісно якій встановлена вертикальна вісь 11 хрестовини 12. Хрестовина 12 має можливість вільного обертання щодо осі 11 і несе на своїх півосях вільно встановлені катки 13. Ковзанки 13 притиснуті до ґрат 2 чаші кільцевим елементом 14, прикріпленим до внутрішньої сторони кожуха 15, який подпружинено пружинами 16 до станини 17 бігунів. На циліндричній поверхні ковзанок виконаний гвинтовий паз 18. До хрестовини 12 прикріплені скребки 19, що подають матеріал під площині ковзанок, а до станини, із зворотного боку робочої поверхні чаші скребки 20, які вважають подрібнений матеріал з дна решітки.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

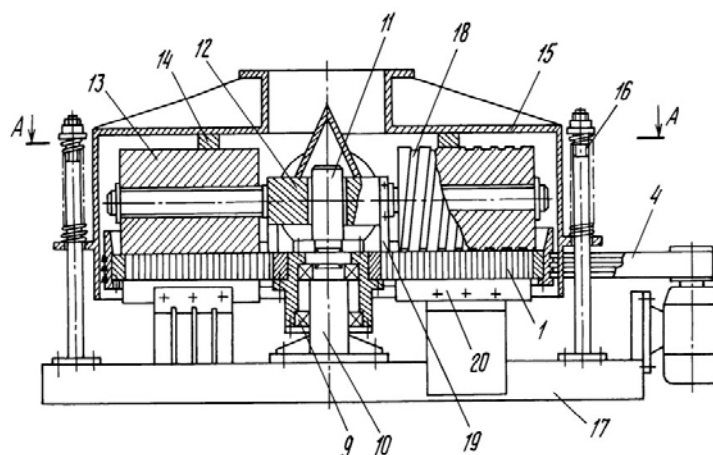


Рисунок 5.7 – Схема бігунів

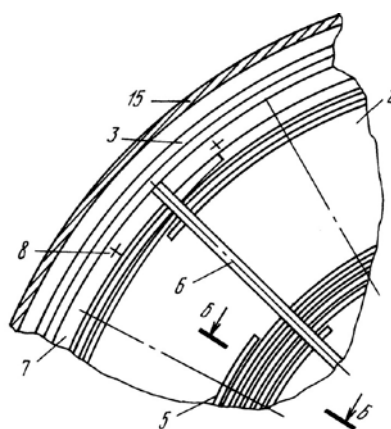


Рисунок 5.8 – Конструкція чаші бігунів

В результаті здійсненого патентного пошуку щодо застосування нових технічних рішень у дипломному проекті було обрано наступний патент:

Назва патенту: Бігуни

Номер патенту: 58387 Індекс МПК: B02C 15/00

Дата публікації: 27 листопада 2006 року

Автори винаходу: Іванюта Г.Н., Максименюк О.П.

Корисна модель відноситься до промисловості будівельних матеріалів, зокрема до способів і пристроїв для переробки глини.

Мета винаходу – забезпечення грануляції глинистої сировини при вологості 6-12%, збільшення термінів служби ковзанок, зниження металоємності обладнання. Сутність корисної моделі полягає в тому, що бігуни, складаються з станини,

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

вертикального і горизонтального валів, двох катків, що скидає дуги, розвантажувальної тарелі, коромисла і чаші, виконаної з цільного матеріалу, з перфорованим дном.

Корисна модель відноситься до промисловості будівельних матеріалів, зокрема до способів і пристроїв для переробки глини. Відомі бігуни, містять чашу, днище якої виконано у вигляді плити з ґратами, ковзанки з бандажами, привід, робоча поверхня кожного бандажа виконана циліндро-конічної форми, причому циліндрична частина поверхні бандажа розташована над суцільний частиною плити чаші, а конічна – над ґратами (А . с. СРСР № 944644).

Найбільш близьким технічним рішенням є бігуни мокрого помелу СМ-365 А (ТУ 22-3533-76), що складаються з станини, вертикального і горизонтального валів, двох катків, чаші, двох притисків, двох внутрішніх скребків, що скидає дуги, розвантажувальної тарелі, коромисла, обертається тічки і приводу («Машини та обладнання для виробництва керамічних і силікатних виробів»; Москва 1982).

Недоліком даного пристрою є те, що по дну чаші вкладаються суцільні плити, які утворюють внутрішню кільцеву доріжку, та решітки з отворами, що утворюють зовнішню дірчасту доріжку, котки в процесі роботи сильно зношуються; в результаті зменшується термін служби котків, а також виникає вібраційне навантаження при обертанні катків на стиках між плитами. Крім того, відоме пристрій призначений для роботи з глинистим сировиною вологістю більше 17%, що обмежує його використання для напівсухий підготовки сировини.

Завданням корисної моделі є забезпечення грануляції глинистої сировини при вологості 6-12%, збільшення термінів служби ковзанонок, зниження металоємності обладнання.

Сутність корисної моделі полягає в тому, що бігуни, складаються з станини, вертикального і горизонтального валів, двох катків, що скидає дуги, розвантажувальної тарелі, коромисла і чаші, виконаної з цільного матеріалу з перфорованим дном. Сутність корисної моделі пояснюється на рисунку 5.9, де

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зображено конструкцію бігунів. Бігуни складаються з станини 1, вертикального 2 і горизонтального 3 валів, ковзенок 4, чаші 5, виконаної з цільного матеріалу з перфорованим дном 6, що скидає дуги 7, розвантажувальної тарелі 8, коромисла 9.

Пристрій працює наступним чином. Попередньо зволожену глинисту сировину подається під котки 4, потім на перфороване дно 6 чаші 5. При обертанні вертикального вала 2 і ковзенок 4 відбувається здавлювання глинистої сировини між катками 4 і перфорованим дном 6 чаші 5, виконаної з цільного матеріалу, в результаті чого глиниста сировина продавлюється через отвори і потрапляє у вигляді гранул на розвантажувальну таріль 8, звідки скидає дугою 7 видаляється з пристрою. Виконання чаші з цільного матеріалу з перфорованим дном забезпечує більш якісну грануляцію глинистої сировини, запобігає передчасному зносу ковзенок, виключає виникнення вібраційного навантаження при обертанні котків на стиках між плитами.

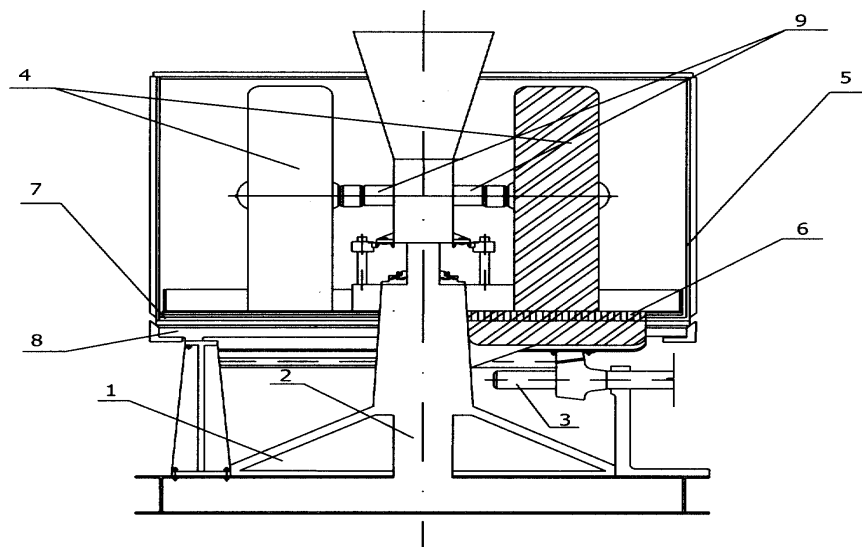


Рис. 5.9 – Схема конструкції бігунів, застосована у магістерській дисертації

Формула корисної моделі

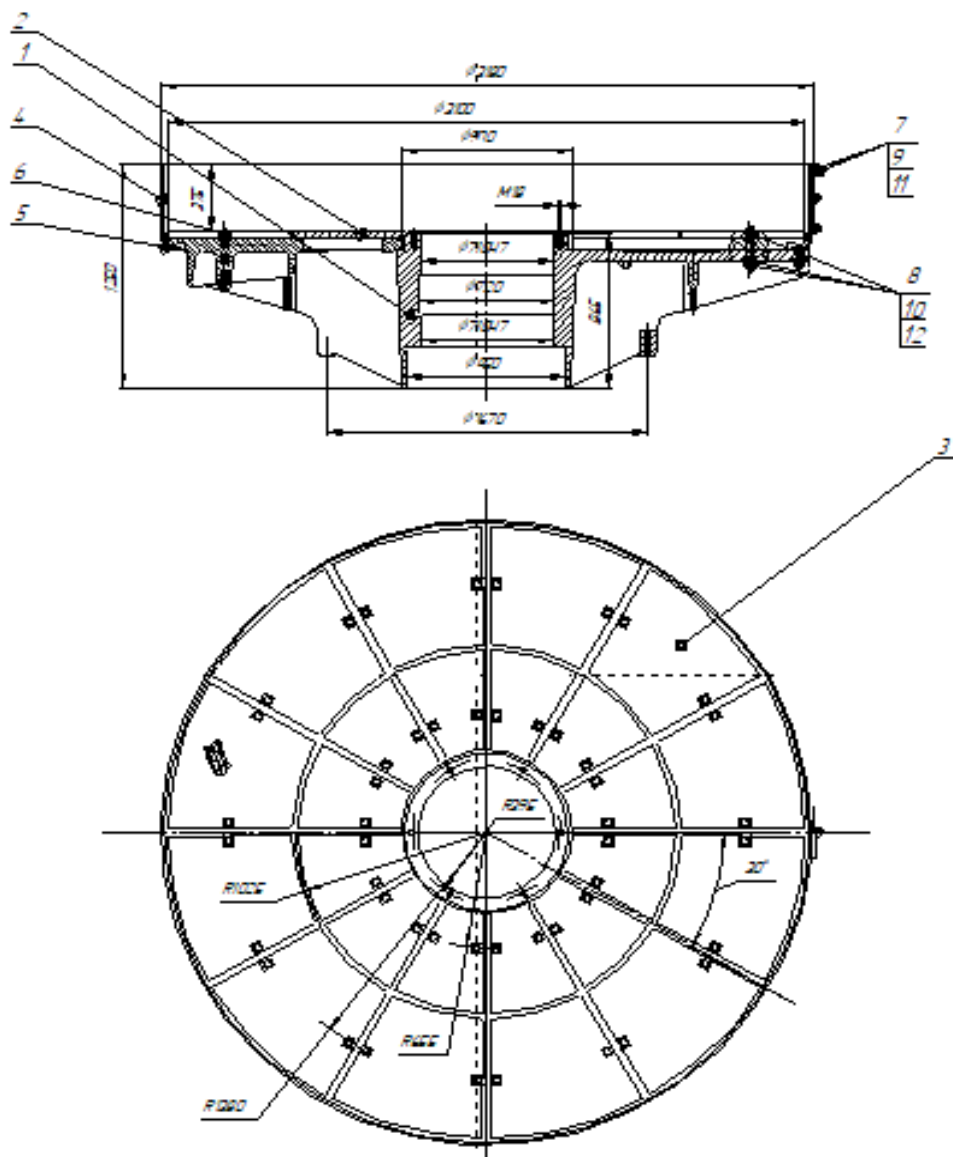
Бігуни, що складаються з станини, вертикального і горизонтального валів, двох катків, що скидає дуги, розвантажувальної тарелі, коромисла і чаші, що відрізняються тим, що чаша виконана з цільного матеріалу з перфорованим дном.

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

6.2. Специфікація креслення загального вигляду

Лист	№	Лист	№	Обозначение	Наименование	№	Примечание
Лист 1	1			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Складальне креслення		
Лист 2	2			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Деталі		
Лист 3	3			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Чаша	1	
Лист 4	4			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Катки	2	
Лист 5	5			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Орнамент	1	
Лист 6	6			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Центральний вал	1	
Лист 7	7			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Борт	1	
Лист 8	8			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Колінчаста вісь	1	
Лист 9	9			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Розвантажувальний лоток	2	
Лист 10	10			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Каріус	1	
Лист 11	11			ЛП-91МП.01.1113.000-60ВЗ	Стояк	2	

ЛП91МП.01113.000-60ПЗ



					ЛП-91МП.01113.000-60ПЗ		
Зн	дн	Тр	дн	дн	Число	Лист	Листов
1	1	1	1	1		1	1
1	1	1	1	1	1/5	1	1
1	1	1	1	1		1	1
1	1	1	1	1	ЛП91МП.01113.000-60ПЗ		

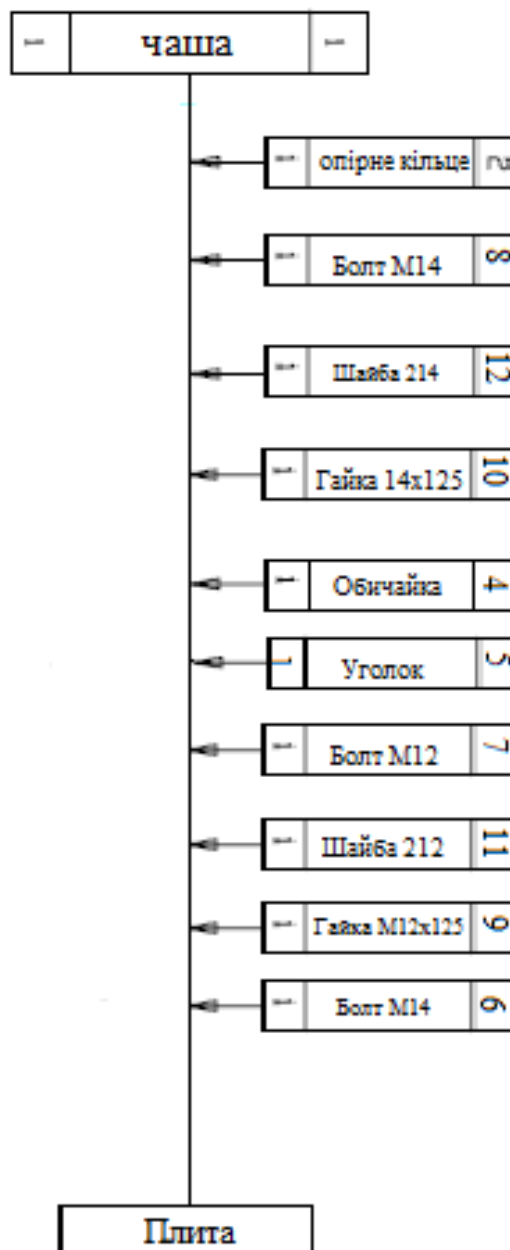
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП91МП.01113.000-60ПЗ

Арк.

55

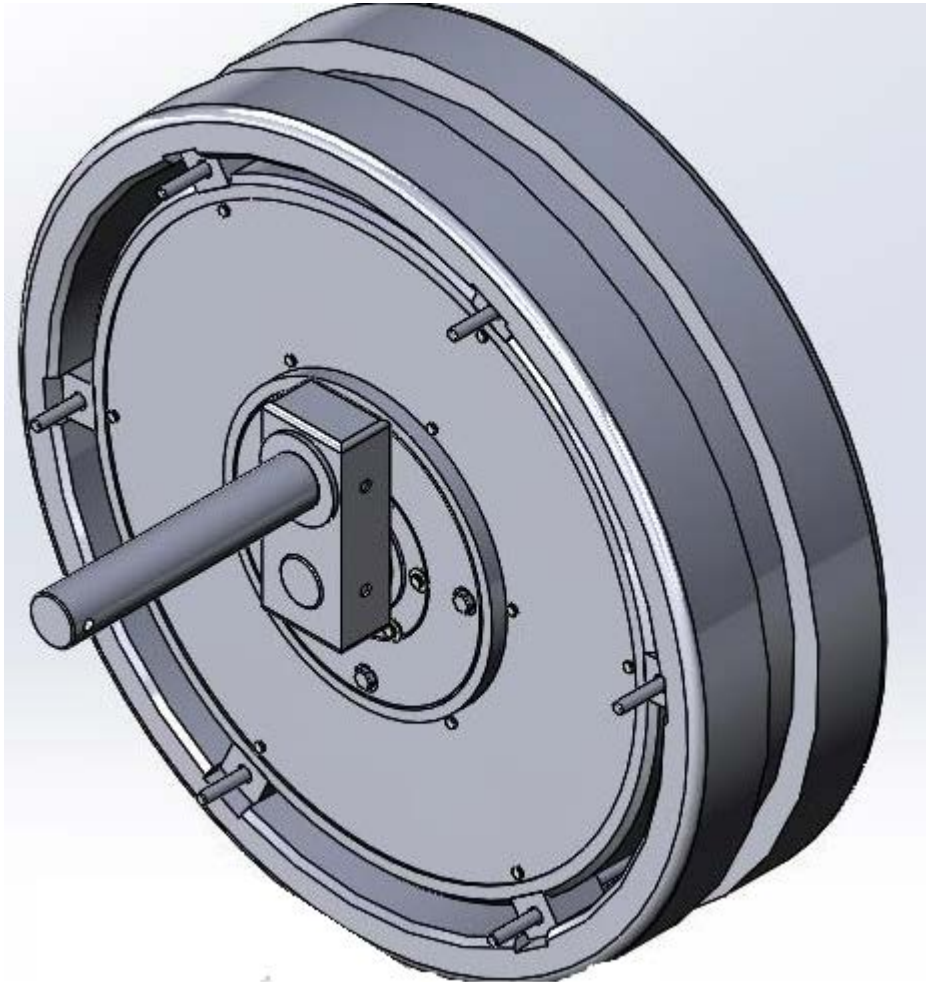
Формат Знач			Обозначение	Наименование	Лист	Примечание
Формат	Знач	Лист				
Лист 1						
				Документація		
	12		ЛП-91МП.01.1112.001-60СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1		Чаша	1	
		2		Опірне кільце	1	
		3		Плита	1	
		4		Обичайка	1	
Лист 2				Стандартні вироби		
		5		Усепак 40x40x2000 ГОСТ 1465-78	1	
		6		Болт М4-8g x 180: 109.30НТС А ГОСТ 15591-70	6	
		7		Болт М12-8g x 45: 109.30НТС А ГОСТ 15591-70	4	
		8		Болт М14-8g x 100: 109.30НТС А ГОСТ 15591-70	16	
		9		Гайка М12 x 125-6H04 ГОСТ 15521-70	4	
		10		Гайка 14 x 125-6H04 ГОСТ 15521-70	36	
		11		Шайба 212 БрММц-1 ГОСТ 6402-70	4	
		12		Шайба 214 БрММц-1 ГОСТ 6402-70	22	
	Лист 3					
Лист 4						
Лист 5						
Лист 6						
Лист 7						
Лист 8						
Лист 9						
Лист 10						
Лист 11						
Лист 12						
Лист 13						
Лист 14						
Лист 15						
Лист 16						
Лист 17						
Лист 18						
Лист 19						
Лист 20						
Лист 21						
Лист 22						
Лист 23						
Лист 24						
Лист 25						
Лист 26						
Лист 27						
Лист 28						
Лист 29						
Лист 30						
Лист 31						
Лист 32						
Лист 33						
Лист 34						
Лист 35						



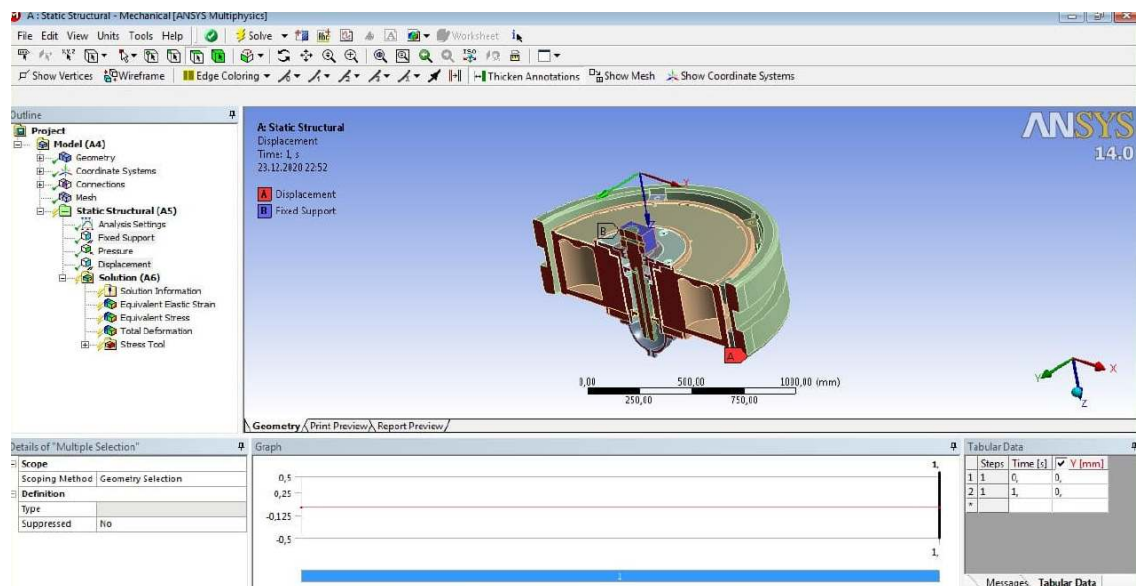
7. Модернізація установки

В данному розділі ми розглянули виконання розрахунків в програмі ANSYS. За основну деталь для розрахунку візьмемо бігун

Рис.1.1 Бігун у вигляді 3D



Виконаємо розрахунок для модернізованого вузла нашої моделі



Виміряємо еквівалентне напруження та деформацію пружності нашої деталі

Рис 2. Еквівалентне напруження

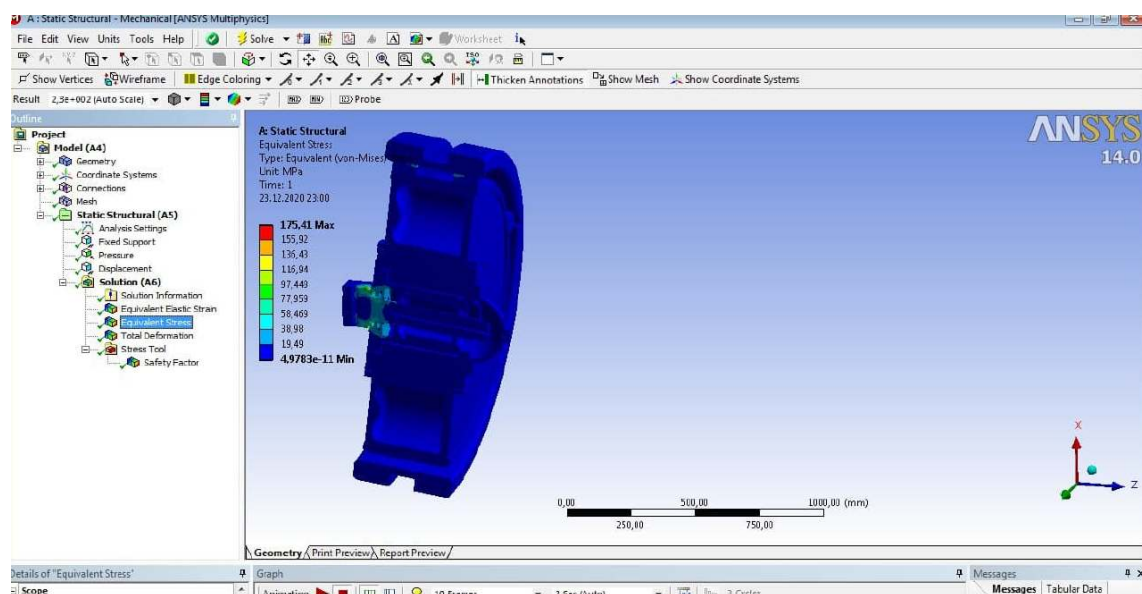
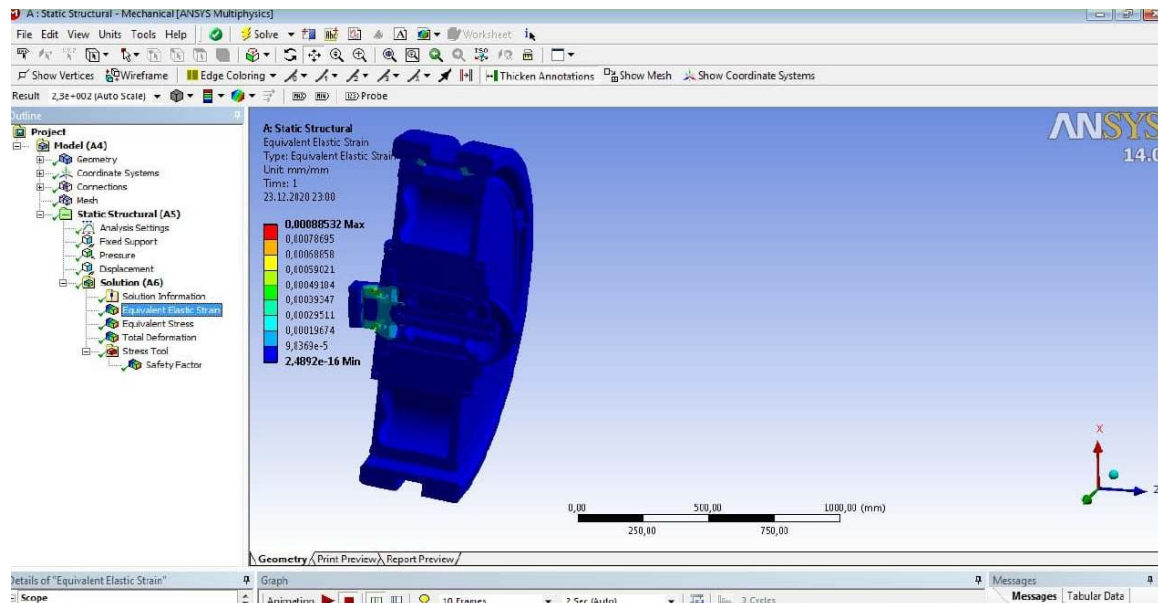
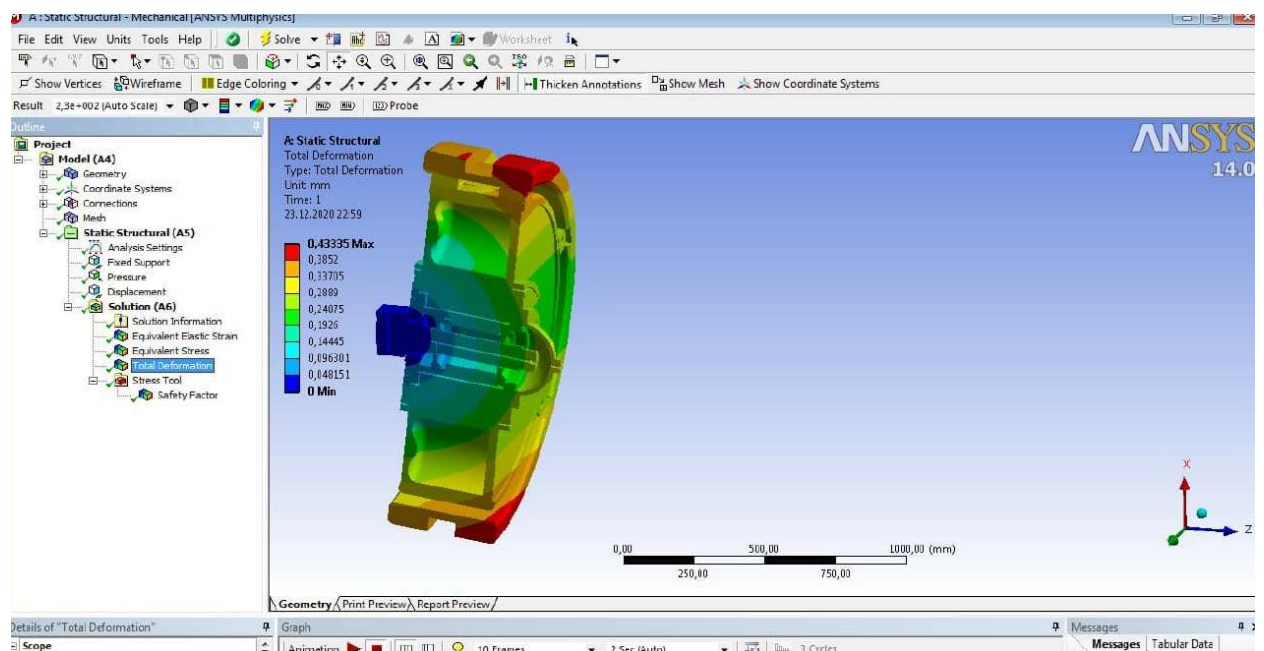


Рис 3. Еквівалентна деформація пружності



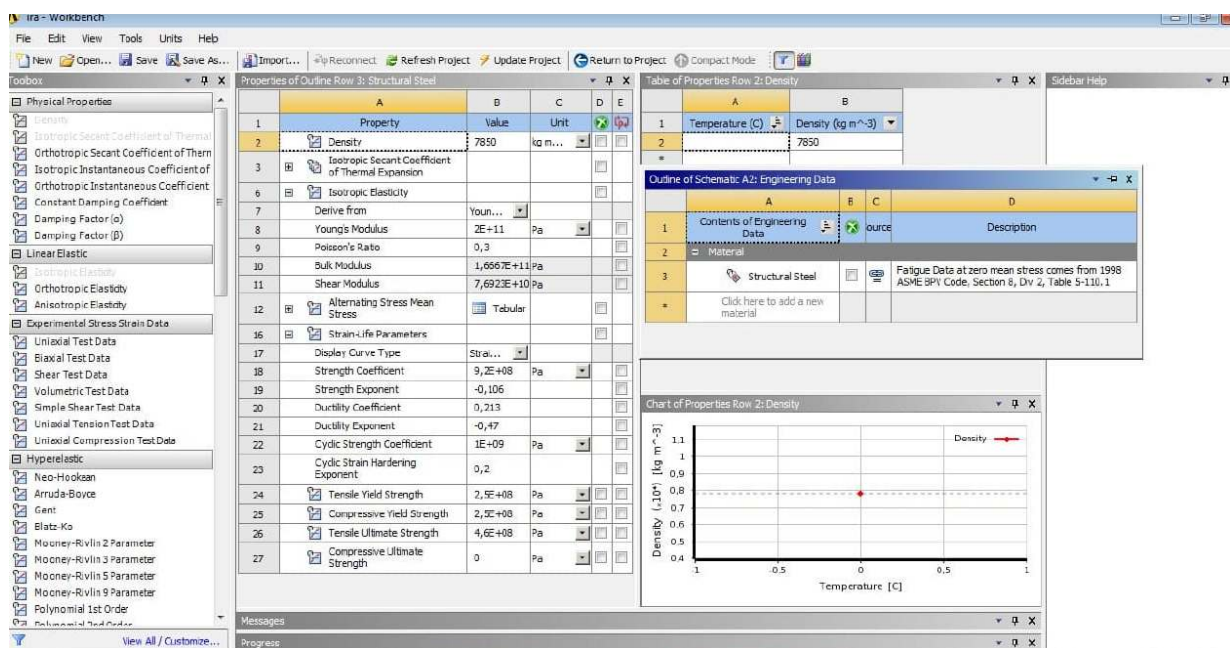
Після цих розрахунків ми робимо критичні розрахунки нашої моделі

Рис 4. Розрахунки критичної деформації



На останньому рисунку предоставлені всі кінцеві данні розрахунків

Рис 5. Фінальні дані розрахунків



За допомогою цих розрахунків ми зрозуміли, що дана модернізація підходить для даного проекту. Таким чином модернізована установка буде працювати.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено нову (модернізовану) конструкцію бігунів мокрого помелу, згідно з технічним завданням на дипломну роботу.
2. Розробку і конструювання бігунів здійснено з використанням нових технічних рішень, знайдених в результаті патентних пошуків і аналізу змісту патентів, що стосуються теми дипломної роботи.
3. Розроблені бігуни нової конструкції повинні покращити якість хіміко-будівельних матеріалів.
4. За результатами дипломної роботи опубліковано **1** статтю у науково-технічному «Збірнику праць» кафедри ХПСМ.

...

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

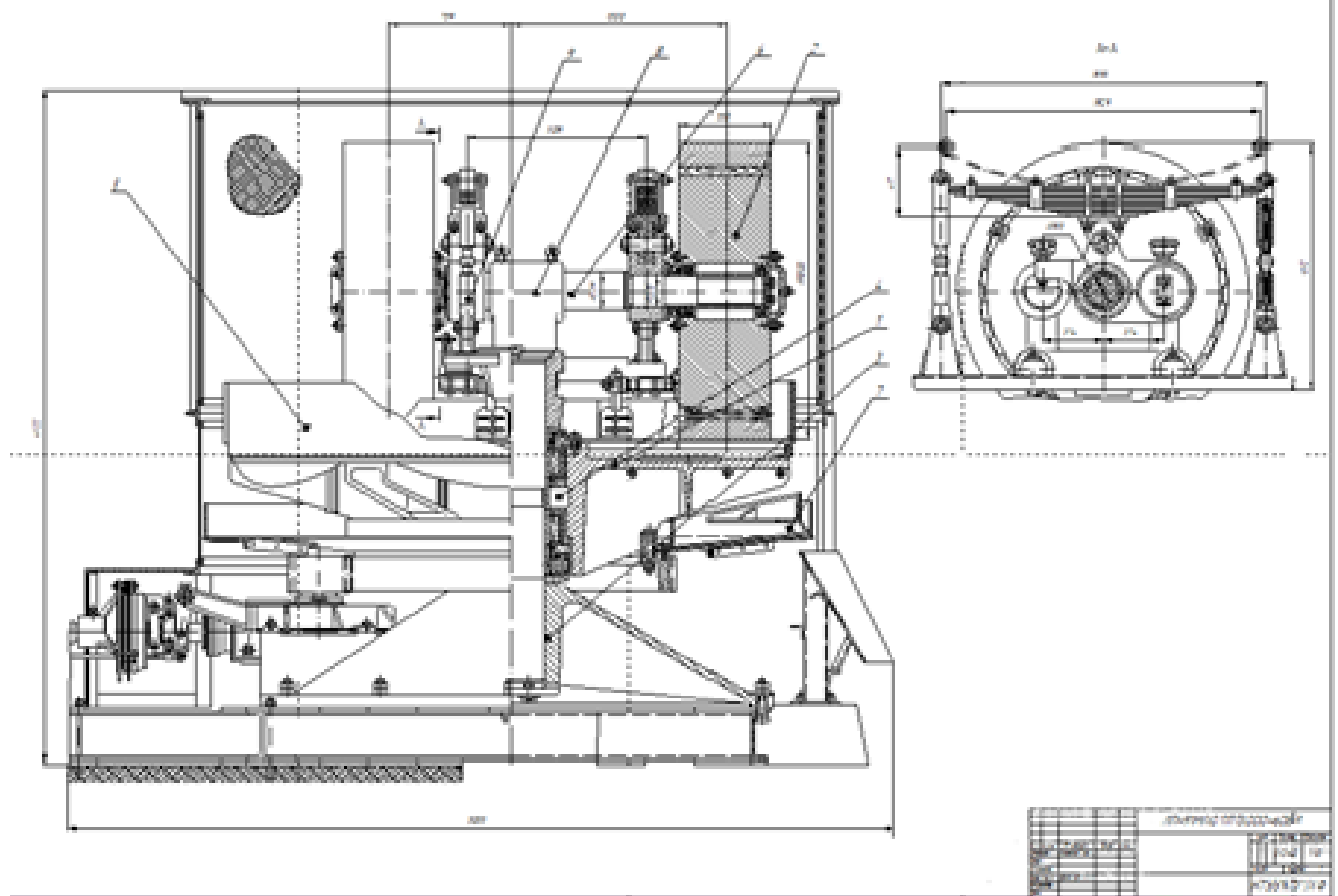
1. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв. Київ 2007
2. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Х.: Основа, 1991.-276 с.
3. Машины химического производства: Атлас конструкций /Под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова. –М.: Машиностроение, 1982. -118 с.
4. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. –М.: Высш. Шк., 1971. -382ст
5. Сапожников М.Я., Дроздов Н.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. - М., 1970г.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. 5-е издание М. «Машиностроение» 1978г.
7. Иосилевич Г.Б Прикладная механика: Для студентов вузов. – М.: Машиностроение , 1985.- 576 с.
8. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., Єфименко Є.А.. "Дослідження напружено-деформованого стану обертового теплового агрегату". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 65-72. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143382](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143382).
9. Устройство для подачи сыпучего материала [Текст]: №1689259 Росия, МПК В65G65/40, Пропаило М.Я., Динглер Г.Г., Пронин М.С., Голиков В.Н., Филиппов И.В., Каменский В.А., Гришин Л.П., Несстеров А.М.
10. Сокольський О.Л., Дагдій В.М.. "Моделювання процесу видуву ПЕТ-тари із преформ". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження.* 2018. N 1. С. 60-65. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143381](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143381).
11. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г., “Моделювання процесу нестационарного теплообміну в футерівці обертових агрегатів”. *Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”.* Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, – 2020, – №2(19). С. 20-31. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2020.208052>

					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексишен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков'язкого пристінного шару". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. N 1. С. 35-40. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171033](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171033).
13. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotary kiln with change of heat resistance of the body. *Technology audit and production reserves* 2019. №6/1(50). pp. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.189169>
14. Дозатор сыпучего материала [Текст]: №295720 Росия, МПК В65G1/04, Стипниекс Я.Т., Буковский О.Д. – Оpubл. 12.11.1971
15. Ярощук Л.Д., Тюріна Є.О. "Врахування стратегії сталого розвитку при автоматизації очищення олив та мастил адсорбентами," *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2019. N 1. С. 126-134. DOI: [10.20535/2617-9741.1.2019.171211](https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171211).
16. Погорілий О.В., Сідоров Д.Е., Колосов О.Є., Казак І.О.. "Зонований аналіз температурних режимів під час розігрівання пет-преформ". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2017. N 1. С. 39-43. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119467](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119467)
17. Шилович Т.Б., Малин Е.Д., Блайвас І. Ю. "УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВОЛОГОСТІЙКОГО ТАРНОГО КАРТОНУ". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2017. N 1. С. 49-52. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2017.119471](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2017.119471)
18. Панов Є.М., Лелека С.В., Карвацький А.Я., Педченко А.Ю., Боженко М.Ф., Іваненко Д.О.. "Експрес-методика визначення середньомасової температури вуглеграфітових виробів в печах графітування за технологією Кастнера". *Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. N 1. С. 39-46. DOI: [10.20535/2306-1626.1.2018.143375](https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143375).

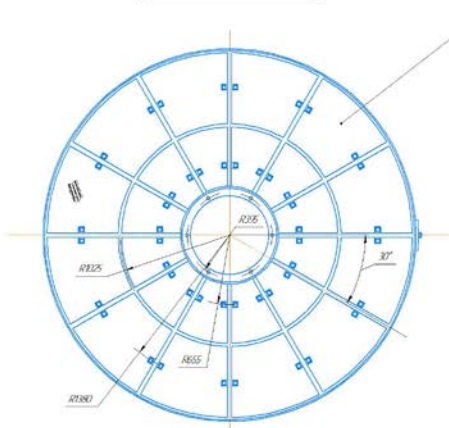
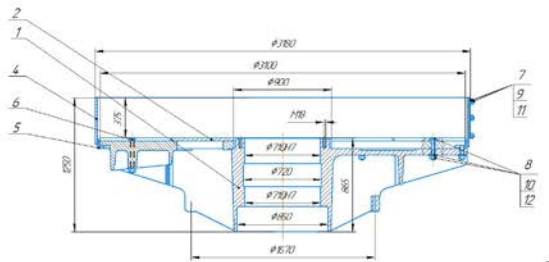
					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Додаток



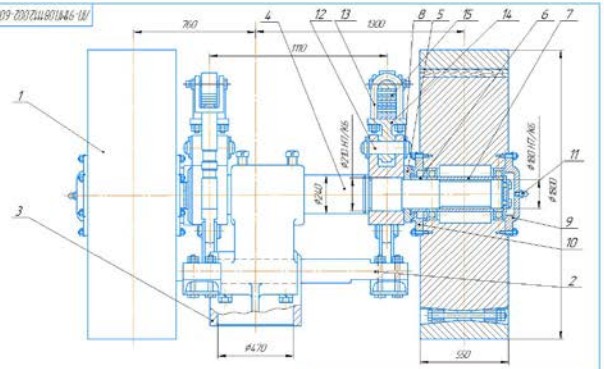
					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛП91МП.011113.001-60К



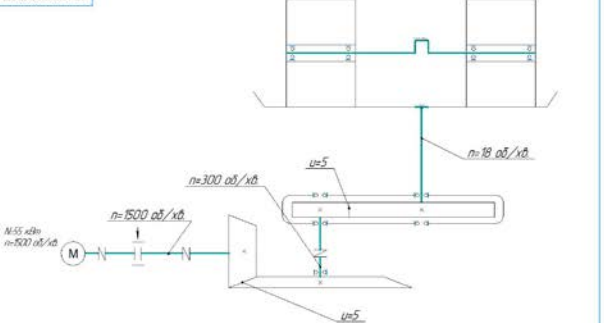
ЛП91МП.011113.001-60К			
Исполн.	Провер.	Дата	Лист
И.И.И.	И.И.И.	11.11	115
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

ЛП91МП.011113.002-60К



ЛП91МП.011113.002-60К			
Исполн.	Провер.	Дата	Лист
И.И.И.	И.И.И.	11.11	115
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

ЛП91МП.011113.003-60К



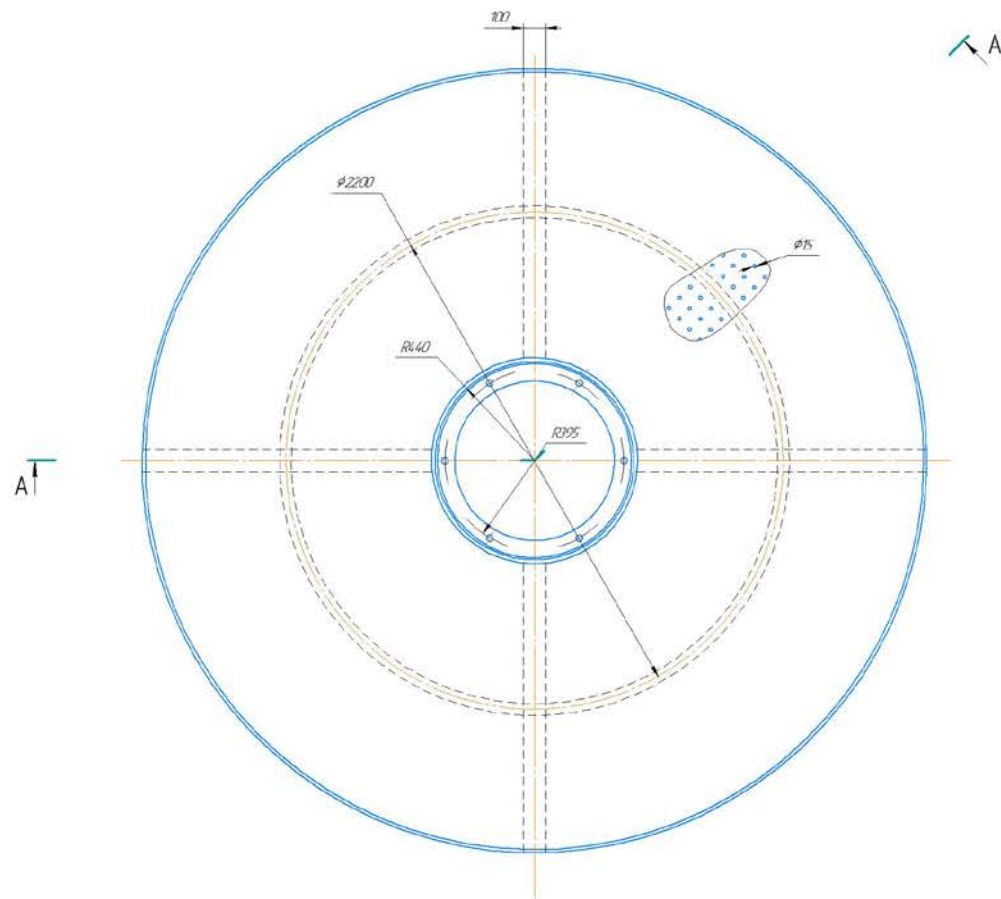
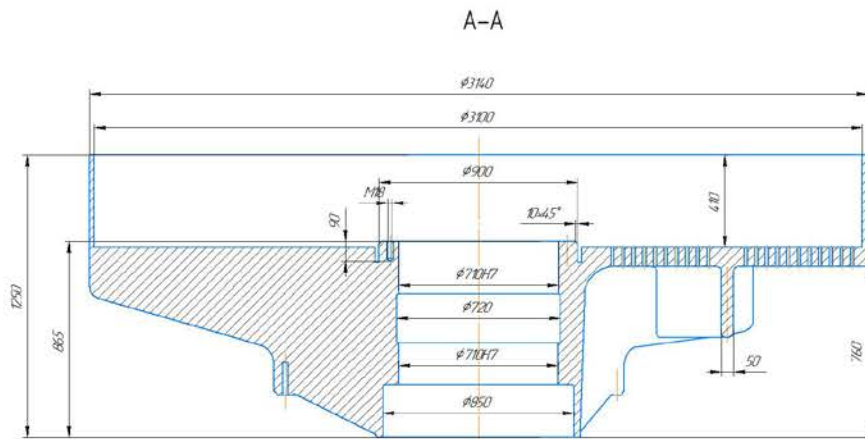
ЛП91МП.011113.003-60К			
Исполн.	Провер.	Дата	Лист
И.И.И.	И.И.И.	11.11	115
И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ЛП91МП.011113.000-60ПЗ

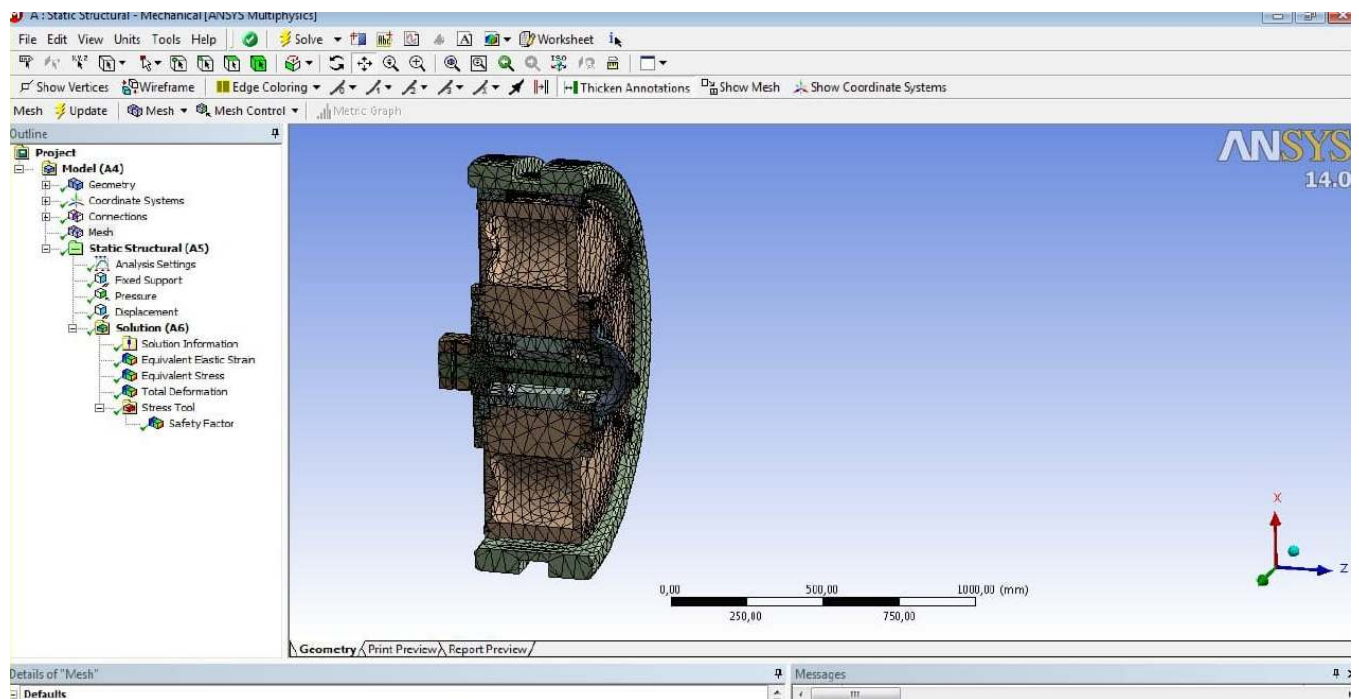
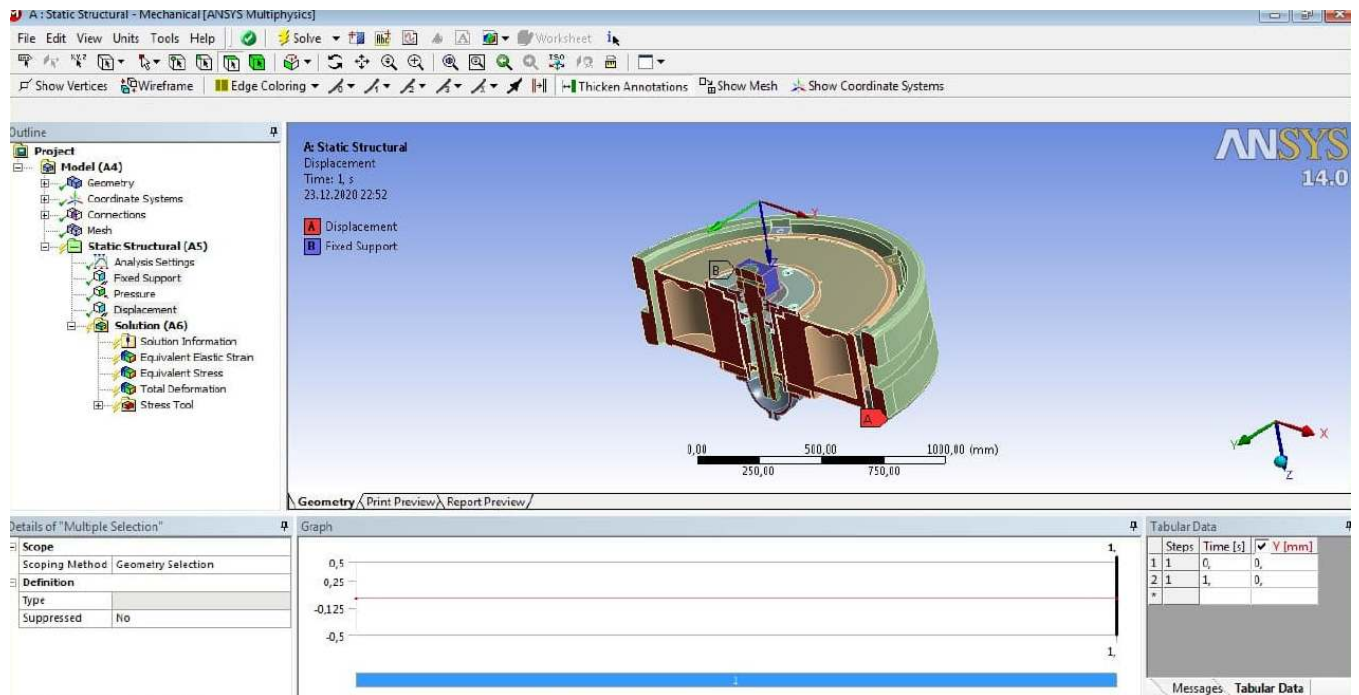
Арк.

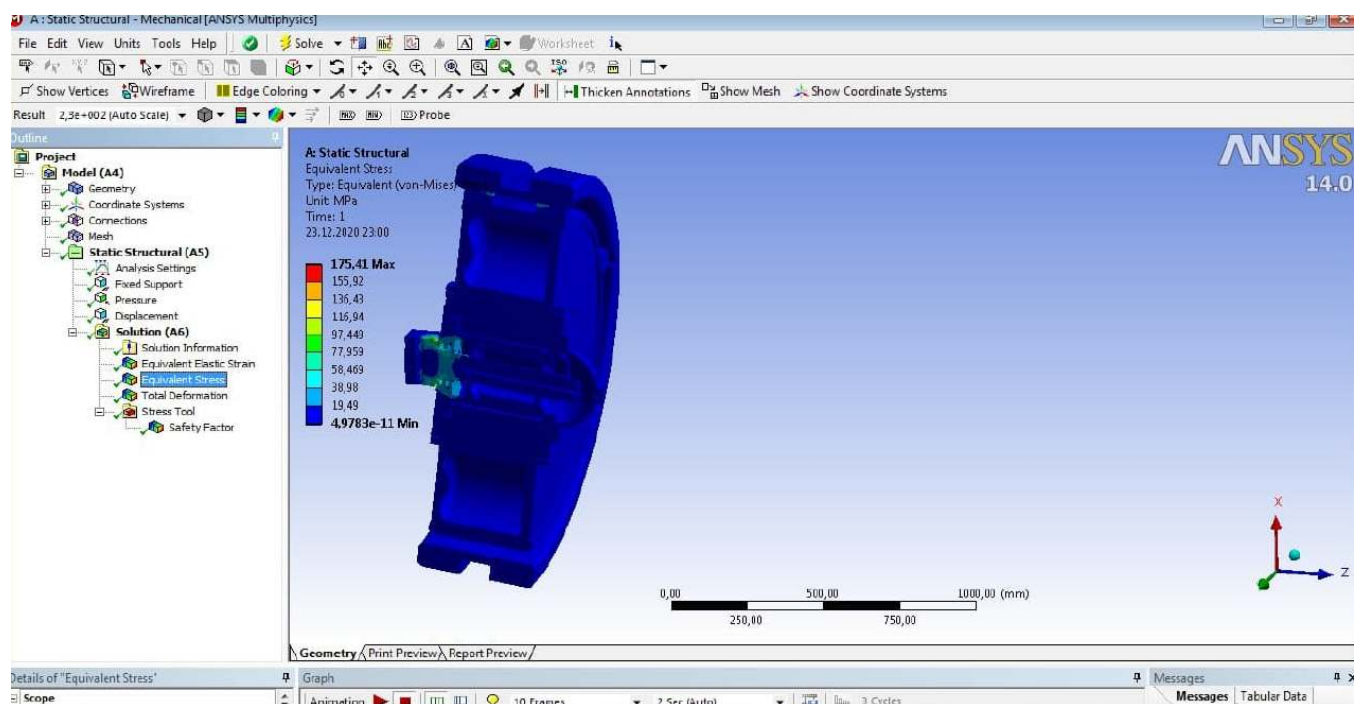
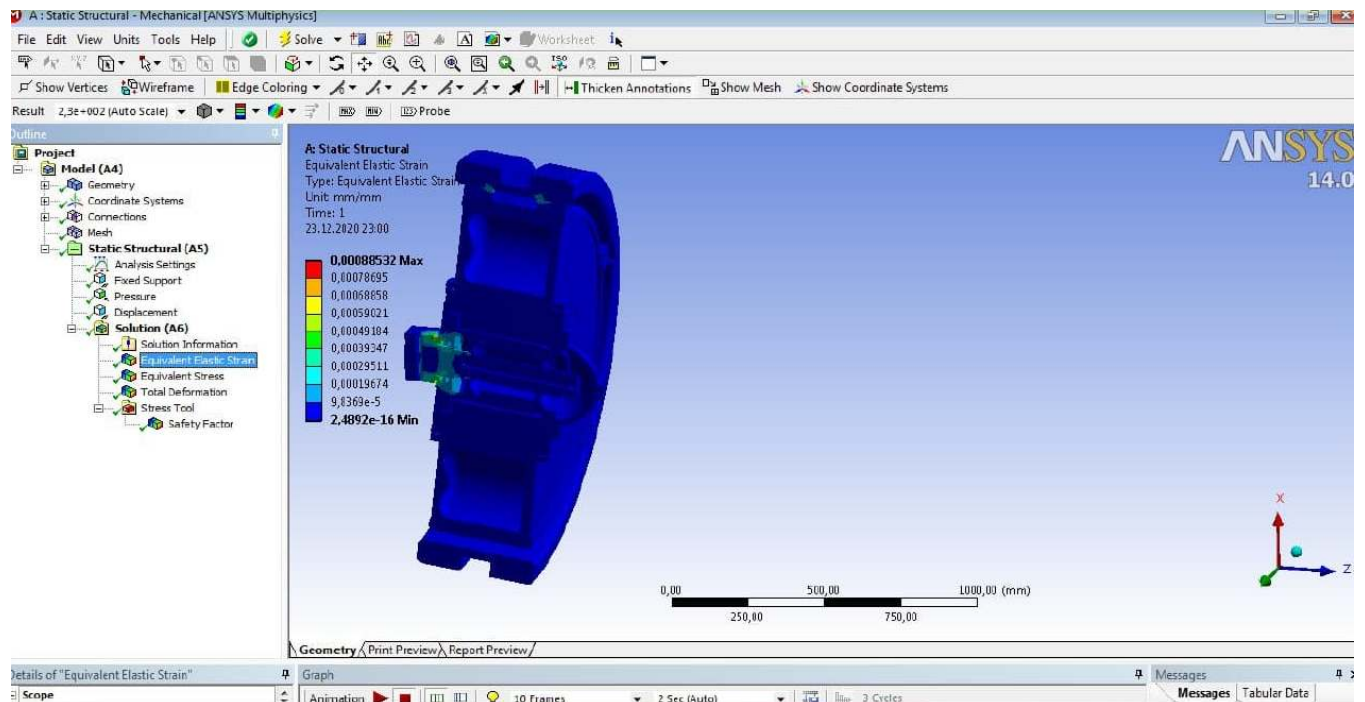
67

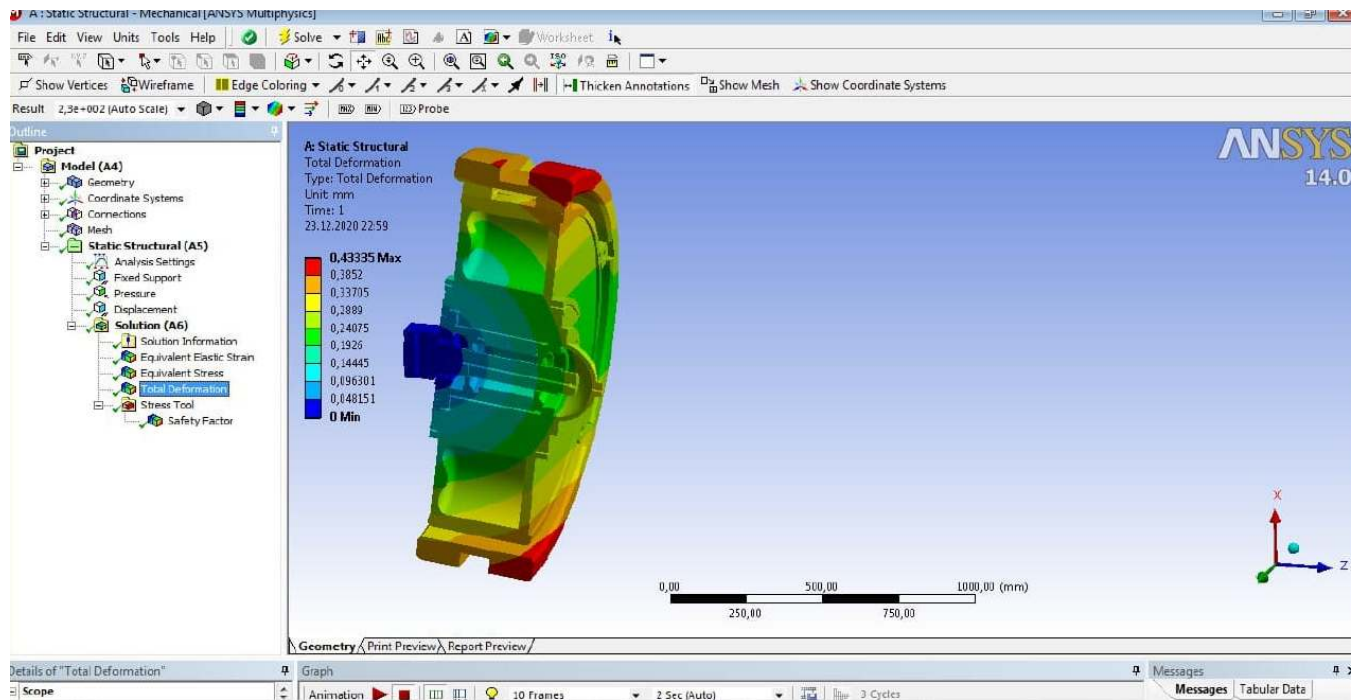


Лист № 1	Лист № 2	Лист № 3	Лист № 4	Лист № 5	Лист № 6	Лист № 7	Лист № 8	Лист № 9	Лист № 10
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

ЛП.91МП.08112.005-60ЛК				Лист		Листа		Листів	
Модернізація чаші				Лист		Листа		Листів	
Лист № 1				Листа		Листа		Листів	
Лист № 2				Листа		Листа		Листів	
Лист № 3				Листа		Листа		Листів	
Лист № 4				Листа		Листа		Листів	
Лист № 5				Листа		Листа		Листів	
Лист № 6				Листа		Листа		Листів	
Лист № 7				Листа		Листа		Листів	
Лист № 8				Листа		Листа		Листів	
Лист № 9				Листа		Листа		Листів	
Лист № 10				Листа		Листа		Листів	







					ЛП91МП.011113.000-60ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71